



Institut für Biofeedback & Stressforschung

Gartenstraße 26, 98553 Schleusingen, Germany

## Gutachten

zur Bewertung von Infrarot-Heizelementen der Firma KNEBEL Infrarot-Flachheizungen GmbH & Co. KG, Langstraße 52, 65589 Hadamar, Deutschland hinsichtlich biologischer Effekte und der Erfüllung gesundheitlicher Anforderungen an strahlungsarme Systeme

**Zeitraum der Studie:** 01. November 2012 – 10. Januar 2013

**Auftraggeber:** KNEBEL Infrarot-Flachheizungen GmbH & Co. KG,  
Langstraße 52,  
65589 Hadamar-Steinbach  
Deutschland

**Bewertungsobjekte:** Produktlinien  
„PowerSun Reflex“ und  
„PowerSun Perfekt“  
Heizleistung von 300 bis 900 Watt



Die Messungen erfolgten durch den Leiter des Instituts für Biofeedback & Stressforschung Herrn Dipl. Ing. Paul Sommer

Schleusingen, den 10.01.2013

## Inhaltsverzeichnis

1.	Problemstellung	3
1.1.	Grundlagen der Infrarot-Wärmestrahlung	5
1.2.	Wirkungsweise und bisher erwiesene Vorteile der Infrarot-Wärmestrahlung	6
1.3.	Vergleich der Effektivität der Infrarot-Wärmestrahlung zu anderen Heizsystemen	8
1.4.	Wissenschaftliche Studien über Infrarot-Wärmestrahlung	11
1.5.	Aufgabenstellung dieser Studie	12
1.6.	Produktserien der KNEBEL Infrarot-Flachheizungen GmbH & Co. KG für diese Studie	13
1.6.1.	Beschreibung der Elemente der Produktserien	13
2.	Versuchsaufbau und Messwerte der technischen Messung	15
2.1.	Messprotokoll Feldbelastung	15
2.1.1.	Messprotokoll der hochfrequenten elektromagnetischen Strahlung	15
2.1.2.	Messprotokoll der elektrischen Feldstärke	15
2.1.2.	Messprotokoll der magnetischen Flussdichte	16
2.2.	Messprotokoll der Temperaturen	16
2.2.1.	Untersuchung Raumtemperaturen sowie Oberflächentemperaturen der Heizelemente	16
3.	Untersuchung der biologischen Effekte der Wärmestrahlung der Heizelemente der KNEBEL Infrarot-Flachheizungen GmbH & Co. KG	19
3.1.	Grundsätze der biophysikalischen Untersuchung der Wirkung von Strahlungen an lebenden Systemen	19
3.2.	Gewähltes Messgerät und Sensoren	20
3.3.	Auswahl der Probanden und gewähltes Messprotokoll	21
4.	Darstellung und Auswertung der Entwicklung der Messwerte in den Perioden des Messprotokolls	22
4.1.	Vorbemerkung zu den statistischen Messwerten	22
4.2.	Analyse und Darstellung psychophysiologischer Messwerte	23
4.2.1.	Messung der elektrischen Aktivität der Haut	23
4.2.2.	Messung der Hauttemperatur	25
4.2.3.	Messung der Herzrate	27
4.2.4.	Messung des geförderten Blutvolumens	29
5.	Parameter der Herzratenvariabilität (HRV)	32
5.1.	Messwerte der Herzratenvariabilität	33
5.1.1.	Messwerte der HRV für Heizelement „PowerSun Reflex“ 1200*600*10	33
5.1.2.	Messwerte der HRV für Heizelement „PowerSun Perfekt“ 900*600*25	33
5.2.	Analyse und grafische Darstellung der Messwerte der Parameter der Herzratenvariabilität	34
5.2.1.	Veränderungen der Spannweite unterschiedlicher Herzschlaglängen	34
5.2.2.	Veränderung der Anzahl nebeneinander liegender Paare von Herzschlaglängen mit einer Intervalldifferenz > 50 ms (Paare nn50)	36
5.2.3.	Entwicklung des Arrhythmiemaßes	38
5.2.4.	Entwicklung der Leistung des vegetativen Nervensystems	39
5.2.5.	Entwicklung der sympathischen Aktivität des vegetativen Nervensystems	41
6.	Diskussion	42
7.	Literaturverzeichnis	45

## 1. Problemstellung

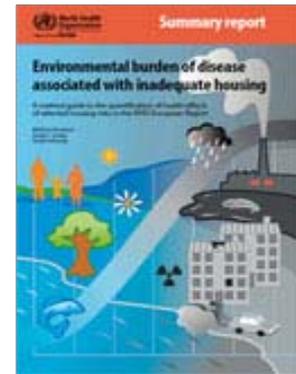
In unserer Klimazone verbringen wir die überwiegende Zeit des Tages in geschlossenen Räumen. Die Gebäude, in denen wir wohnen und arbeiten, haben für die Gesundheit des Menschen eine weitaus größere Bedeutung, als wir gemeinhin annehmen. Von seinem Zuhause sollte der Mensch deutlich mehr erwarten als eine architektonisch geformte Verbindung von Beton, Ziegeln, Balken, Fenstern, Fliesen und Leitungen zu einem „funktionellen“ Ganzen. Es muss in seiner Gesamtheit letztendlich ein energetisch gesundes System sein, ein Wohlfühlgarant und ein Ort der Entspannung und des Erholens zugleich. Darüber hinaus muss das Wohnhaus aber in der Lage sein, die Bedürfnisse des Menschen im Austausch von Informationen mit der Umwelt zu ermöglichen. Unser Zuhause ist eine wichtige Grundlage für unsere körperliche, geistige und emotionale Verfassung. Das muss bei der Planung und Herstellung eines „wohngesunden Hauses“ berücksichtigt werden.

Seit den 1970er Jahren spricht man vom so genannten Sick Building Syndrom und wenig später wurden auch durch schwarze Ablagerungen an den Wänden „Fogging-Phänomene“ in Wohnungen bekannt. In Zeitungsartikeln häufen sich die Berichte von Menschen, die sich in modernen Gebäuden nach einem längeren Aufenthalt an ihrem Arbeitsplatz unwohl fühlen und nicht mehr leistungsfähig sind. Das Krankheitsbild ist in unterschiedlichen Formen ausgeprägt, aber zu den meist beobachteten "Symptomen" gehören ein Mangel an Energie, Kopfschmerzen, Mattigkeit, Hautreizungen, Übelkeit sowie psychisch schwächende Reaktionen. Da die Beschwerden an anderen Orten schnell wieder verschwinden, werden die Symptome meist als psychogen oder als gesteigertes Stressempfinden bewertet und weniger als Krankheitsbild gedeutet, das mit dem Gebäude selbst assoziiert werden kann. Es gibt eine Fülle von widersprüchlichen Forschungen und Meinungen darüber, was der Grund dieser Phänomene sein könnte. Auch die Weltgesundheitsorganisation (WHO) befasst sich seit längerem damit. Ein Zusammenhang von schlechter Luftqualität, der Gebäudeabdichtung, der Heizungsart und der Lüftung des Wohnraums ist jedoch zu vermuten.

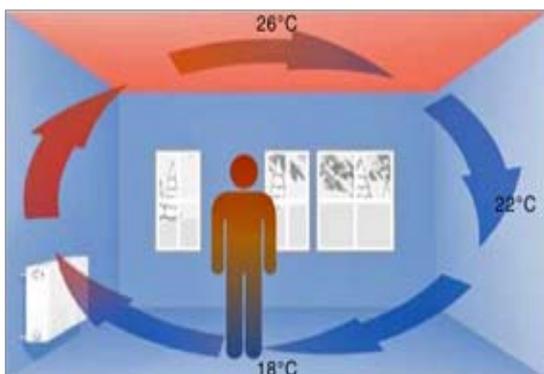
Ohne Heizung können wir in unserer Klimazone nicht auskommen. Das oberste Ziel der Heizungstechnik ist es, die Behaglichkeit im Wohnraum unter allen Klimabedingungen zu gewährleisten. Seit der Durchsetzung der **funktionellen Architektur** und der Industrialisierung der Bauproduktion wurde durch die Heizungsbranche allein das Prinzip der Konvektionsheizung favorisiert. Damit finden sich bis heute fehlerhafte Denkmodelle und auch Widersprüche in den DIN-Normen für die Heizungsberechnung wieder. Der geltende Grundsatz mit einer Heizanlage Raumlufttemperaturen zu gewährleisten, muss umgewandelt werden. Eine Heizanlage muss durch Berechnungsverfahren so bemessen sein, dass primär eine ausreichende Temperierung der umgebenden Wandoberflächen (Hüllflächen der Räume) erreicht wird.

Die Konvektionsheizung ist deshalb weitgehend ungesund, weil die Raumluft unnötigerweise aufgeheizt, umgewälzt, mit Schadstoffen, Staub und Bakterien durchsetzt und befeuchtet wird. Für den Menschen ist eine kühle und trockene Atemluft weitaus angenehmer. Das ständige Einatmen von Haus- oder Feinstaub erhöht das Risiko für Erkrankungen der Lunge.

Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) betrachtet mit Sorge, dass Asthma sich als chronische Krankheit, besonders in den entwickelten Ländern der Europäischen Union ausbreitet. Im Jahr 2011 veröffentlichte die WHO einen zusammenfassenden Bericht („Environmental burden of disease associated with inadequate housing“) in welchem ausgewertet wird, dass ein beträchtlicher Teil von Asthmafällen bei Kindern auf die Exposition von Feuchtigkeit und Schimmel in Innenräumen zurückzuführen ist. In heutigen Wohnumgebungen (dichte Fenster, zentrale Heizung nach dem Konvektionsprinzip) haben wir es in der Regel mit zu hohen Luftfeuchtigkeitswerten zu tun, die höher 65 % sind.



Als Konvektionsheizung wird eine Form der Wärmeübertragung bezeichnet, die auf dem Transport von Teilchen beruht, welche die Wärmeenergie mit sich führen. Bei der in Wohnungen am häufigsten verwendeten Warmwasserheizung, ist Wasser innerhalb des Rohrkreislaufes das Transportmedium für die Wärme. Ab dem Heizkörper ist das Wärmetransportmedium die Luft. Es tritt freie Konvektion im Raum auf, d. h. die Luft dehnt sich nach Erwärmung aus und bewegt sich nach oben. Von unten strömt kühlere Luft über den Boden nach. Es stellt sich jedoch kein thermisches Gleichgewicht ein, da die je nach Temperaturgefälle aufgewärmten oder abgekühlten Teilchen fortlaufend abtransportiert und durch neue ersetzt werden, zu denen das ursprüngliche Temperaturgefälle besteht [Kosack, 2009].



Da Luft ein äußerst schlechter Wärmeleiter ist, sind die Energiekosten zum Aufwärmen sehr aufwendig. Die Wandoberflächen bleiben, auch bei Fußbodenheizung, weit aus kälter als die aufsteigende Raumluft. Insbesondere werden die Raumecken im Konvektionskreislauf ständig ausgespart (Abbildung Quelle: [www.rundumenergieberatung.at](http://www.rundumenergieberatung.at)).

Messungen bestätigen wiederholt, dass Raumecken bis zu 30 Prozent kälter sein können als durchgehende Wandflächen. Deshalb kondensiert Wasser oft in Raumecken und an anderen Isolierungsschwachstellen im Wohnraum und bildet so den geeigneten Nährboden für Schimmel.

Neben dem Schimmel ist die Schadstoffbelastung der Raumluft in Wohnungen ein weiteres Gesundheitsproblem. Nur vier Prozent der Menschen halten die Luftqualität ihrer Wohnung für schlecht. Das erweist sich für manche als ein folgenschwerer Irrtum, denn im Vergleich zur Umwelt ist die Raumluft in Wohnungen deutlich höher mit Schadstoffen belastet. Eine herkömmliche Konvektionsheizung trägt durch die permanente Umwälzung mit dazu bei, dass eines der wichtigsten Lebensmittel - die Raumluft – durch Belastung mit Staub und Bakterien zu Allergien, Augenbrennen, Atembeschwerden und Kopfschmerzen führt. Die Konvektionsheizung unterbricht den natürlichen Filterkreislauf und wirbelt Schadstoffe, Staub, Milben und Bakterien im Wohnraum ständig wieder auf.

Der Mensch atmet etwa 20.000-mal pro Tag Luft ein und wieder aus. Als vitalisierende Elemente in unserer Atemluft gelten negativ geladene Sauerstoff-Ionen

(O<sup>2</sup>), die biologisch aktiv sind und gesundheitsfördernd wirken können. Ihre Wirkung liegt darin begründet, dass die Ionen mit in der Luft gelösten, flüssigen oder gasförmigen Schadstoffen (z. B. Formaldehyd) eine Bindung eingehen, so dass die Gesamtheit schwerer als die Umgebungsluft wird und zu Boden sinkt. Die Raumluft wird so regelrecht gefiltert und gesäubert. Sehr viele dieser Minus-Ionen enthält die Luft am Meer oder im Gebirge (ca. 3.000 bis 4.000 pro Kubikzentimeter), weswegen wir diese auch als besonders frisch und vitalisierend empfinden.

In geschlossenen Wohnräumen ist dagegen weitgehend molekularer Sauerstoff (O<sub>2</sub>) vorhanden. Die Zahl negativ geladener Ionen sinkt in den Innenräumen städtischer Wohnungen oftmals auf weniger als 500, während man in Bürogebäuden, Versammlungsräumen oder z.B. in modernisierten Schulen häufig nur noch weniger als 100 solcher Ionen je Kubikzentimeter findet. In Gebäuden mit Klimaanlage verschlimmert sich das Problem sogar noch, da diese der Raumluft die letzten Energieteilchen entziehen [Autorenkollektiv Hutter H.-P, 2005].

In Studien wurde unter anderem belegt, dass die von der Energiesparverordnung geforderte Dichtigkeit der Gebäudehülle auch negative Einflüsse auf das Innenraumklima und somit auf die Gesundheit der Menschen haben kann. Neben dem Anstieg der Formaldehydkonzentration ist nach einer energetischen Sanierung von Gebäuden der hygienisch erforderliche Luftwechsel besonders in Schlafräumen oft nicht mehr gewährleistet. Das bei der Benutzung durch den Menschen ausgeatmete Kohlenstoffdioxid wird in nur unzureichender Form abgeführt, sofern nicht ständig gelüftet wird [Kram, B. 2009]. Dagegen konnten negative Effekte auf das Raumklima mit der Anwendung von Infrarot-Strahlungsheizungen bisher nicht festgestellt werden. Infrarotheizungen gehören zu den innovativen Heizsystemen. Neben einem völlig neuen Prinzip der Wärmeverteilung im Raum lassen sich die Flachheizkörper ohne nennenswerten Aufwand montieren und platzieren. Die Strahlung von IR-Wärmewellen verhält sich ähnlich wie das Sonnenlicht, was den grundlegenden Unterschied zum Wärmekreislauf einer herkömmlichen Konvektionsheizung darstellt. Als moderne Elektroheizung ist die IR-Strahlungsheizung gerade dabei den Markt zu erobern.

## **1.1. Grundlagen der Infrarot-Wärmestrahlung**

Als Infrarotwärme (auch IR-Strahlung) werden in der Physik elektromagnetische Wellen bezeichnet, die Erstaunliches leisten. Ihre Wellenlängen von 780 nm bis 1.000.000 nm liegen im elektromagnetischen Spektrum noch unterhalb des sichtbaren Lichtes. Dieser Bereich der langwelligen Strahlung ist im physikalischen Spektrum als Wärmestrahlung bekannt. Wichtigste natürliche Infrarot-Strahlungsquelle ist die Sonne, die als optische Strahlung den Boden, die Meere und die Atmosphäre erwärmt und somit das Klima steuert. Das Leben auf der Erde wäre ohne die Strahlung der Sonne nicht möglich.

Rund 42 Prozent der Sonnenstrahlung, die unsere Erde erreicht, ist Infrarotstrahlung. Sie ist für das Wärmeempfinden beim Aufenthalt in der Sonne verantwortlich, die von den meisten Menschen als angenehm wahrgenommen wird. Für Schäden aus Sonnenstrahlung ist weitestgehend der UV-Anteil verantwortlich, was sich schon aus dem UV-Index als Maß für die Gefährdungsbeurteilung ableitet.

Die IR-Strahlung wird gemäß nachstehender Tabelle in drei Bereiche eingeteilt:

Wellenlängenbereich	IR-A	IR-B	IR-C	IR-C
	nahes Infrarot (NIR)		mittleres Infrarot (MIR)	fernes Infrarot (FIR)
nach DIN 5031, Teil 7 und WHO	0,78-1,4 [µm]	1,4-3,0 [µm]	3,0-5,0 [µm]	5,0-1.000 [µm]

Infrarot-Strahlung ist nicht sichtbar, wird aber über die Wärmerezeptoren der Haut direkt wahrgenommen. Die Augen des Menschen sind für den Anteil IR-A bis zur Netzhaut durchlässig. Infrarot-Strahlung führt messbar zu einer Temperaturerhöhung im menschlichen Gewebe. Durch Temperaturreize werden Thermorezeptoren aktiviert, welche Temperaturempfindungen auslösen. Durch die Biofeedbackuntersuchung in dieser Studie wird später aufgezeigt, dass die Regelkreise beim Menschen sehr fein aufeinander abgestimmt sind, um eine relativ konstante Kerntemperatur zu halten.

Nach bisherigen Erkenntnissen dringt Infrarotstrahlung nur oberflächlich in menschliches Gewebe ein. Kritische Organe für die Einwirkung optischer Strahlung bei hohen Temperaturen (z.B. Schmelzprozesse, Glasbläsereien) sind bei Menschen die Augen und die Haut. Langwellige Infrarotstrahlung (IR-C) wird bereits an der Hautoberfläche absorbiert, während die Strahlung im nahen Infrarotbereich tiefer in die Haut eindringen kann. Im gesamten Spektrum der Infrarotstrahlung lassen sich viele Resonanzlinien zu lebenden Zellen nachweisen. Man kann davon ausgehen, dass sich der menschliche Körper in diesem Spektrum wohl fühlt.

Zum Nachweis der IR-Strahlung in allen Wellenlängen eignen sich thermische Detektoren. Die als Infrarotstrahlen effektiv für Heizzwecke in Frage kommenden Wellenlängen liegen allerdings nur im schmalen Band zwischen 3 und etwa 50 µm. In dieser Studie wird für die Bestimmung der mittleren Leistung der untersuchten Infrarotelemente ein Detektor mit einer spektralen Empfindlichkeit des IR-Sensors (Thermoelement) von > 350 nm bis 40 µm verwendet.

## 1.2. Wirkungsweise und bisher erwiesene Vorteile der Infrarot-Wärmestrahlung

Grundsätzlich sollte eine optimale Heizung wohltuend sein und zur Gesundheitsförderung aller Menschen im Wohnhaus beitragen. Die Heizung soll ohne schädliche Nebenwirkungen die Behaglichkeit fördern und dies auf lange Zeit. Statt „Heizung“ sollte sich ohnehin besser der Begriff „Temperierung“ durchsetzen, der das gewünschte Wohlfühl in Wohnräumen besser erkennen lässt.

Das Empfinden des Anstiegs von Wohlfühl und Vitalität ist individuell verschieden und unterliegt verschiedenen Einflussfaktoren. Messbar wird die Behaglichkeit allein an den zurückgemeldeten Signalen des vegetativen Nervensystems des Menschen. In dieser Studie soll deshalb die biologische Wirkung, der von den Heizlinien „PowerSun Reflex“ und „PowerSun Perfekt“ der Firma Infrarot-Flachheizungen GmbH & Co. KG ausgestrahlten Infrarot-Strahlungswärme anhand einer Analyse der in verschiedenen Perioden erfassten Biofeedbacksignale von Probanden, untersucht werden.

Verschiedene Autoren gehen heute davon aus, dass eine optimale Temperierung von Räumen nicht ohne Infrarot-Strahlungswärme erreicht wird. Dafür sprechen neben gesundheitlichen besonders auch ökonomische und ökologische Gründe. Vorzüge für die Anwendung der Infrarot-Wärmestrahlung sollen nach dem heutigen Wissenstand sein:

Infrarotstrahlung bewegt sich durch den Raum, ohne die Luft dabei als Medium bzw. Transportmittel zu nutzen. Infrarotwärme wird nur von den Gegenständen, auf die sie trifft, wie z. B: Wände, Möbel, Decken absorbiert. Sie sorgt damit für ein angenehmes Raumklima mit einer relativ konstanten Luftfeuchtigkeit von etwa 55 Prozent, was für den menschlichen Organismus sehr wohltuend ist. Die Wärmestrahlung bei Wellenlängen im infraroten Spektrum durchdringt kein Fensterglas sondern verbleibt im Raum. [Ulmer, Tuningen].

Bei der Infrarot-Wärmestrahlung treten ab dem Hausanschluss bis zur direkten Wärmenutzung keine Energieverluste mehr auf. Der Transport thermischer Energie erfolgt nach dem Mechanismus der Wärmediffusion (auch Konduktion genannt), bei der Wärme infolge eines Temperaturunterschiedes von Teilchen zu Teilchen durch intermolekulare Wechselwirkung weitertransportiert wird. Dies geschieht auch zwischen mehreren feststofflichen Körpern oder Fluiden, die sich ggf. berühren aber in Ruhe zueinander sind. In Gasen dominiert die Wärmeleitung durch Stöße zwischen Teilchen, solange nicht durch Dichteunterschiede oder äußere Durchmischung eine teilweise Konvektion eintritt. Gemäß dem 2. Hauptsatz der Thermodynamik fließt die Wärme immer nur in Richtung geringerer Temperatur, es geht dabei keine Wärmeenergie verloren ([www.wikipedia.de](http://www.wikipedia.de)).

Infrarot-Wärmestrahlung ist besser geeignet als aufgeheizte Luft, um für eine behagliche Raumtemperierung zu sorgen. Als Behaglichkeit wird der Umgebungstemperaturbereich bezeichnet, in dem sich der Mensch am wohlsten fühlt [Kosack, 2009].

Wie es uns die Sonne in der Natur zeigt, erzeugt eine IR-Strahlungsheizung ein natürliches Innenraumklima schlechthin, indem die infrarote Strahlung die Luft wirkungslos durchdringt und dabei nur an festen Körpern Energie in Wärme umsetzt. Die Lufttemperatur in den Wohnräumen kann dabei um 2-3 Grad niedriger liegen als die Oberflächentemperatur der umgebenden Wände, was das Atmen nochmals angenehmer macht. Es entsteht auch kein Zugempfinden, wie dies oft bei Konvektionsheizungen der Fall sein kann. Die etwas geringere Raumtemperatur, die zudem am Boden, wie an der Zimmerdecke nahezu gleich ist, wird als sehr angenehm empfunden.

Bei reiner Wärmediffusion entstehen in der Raumluft keine Wirbel, eine ständige Staubverteilung findet so gut wie nicht statt. Deshalb haben Hausstaub-Allergiker und Asthmatiker weitaus weniger gesundheitliche Probleme. Eine Strahlungsheizung schließt Kondensatbildung an den inneren Wandoberflächen nahezu aus, da ihre Temperatur immer höher als die der Luft ist. Auf diese Weise wird den Schimmelpilzen der Nährboden entzogen.

Da durch die Strahlungsheizung die Lufttemperatur niedrig gehalten werden kann, verbleibt bei dem nach Wärmeschutzverordnung erforderlichen Luftwechsel ebenfalls ein energetischer Gewinn. Eine geringere Luftwechselrate durch die ruhende Luft könnte zu weiteren Energieeinsparungen führen.

**Strahlungswärme ist somit eine Energieform, die physiologisch günstig bewertet und vom menschlichen Organismus als wohltuend empfunden wird.**

### **1.3. Vergleich der Effektivität der Infrarot-Wärmestrahlung zu anderen Heizsystemen**

Heizen mit Strom steht immer wieder wegen angeblich hohen Heizkosten und seinen die Umwelt belastenden Eigenschaften (CO<sub>2</sub>-Emission) in der Kritik. Besonders im Hinblick auf zunehmende Varianten eigener Herstellung, kann Heizen mit Strom eine Reihe von Vorteilen bieten, wenn umweltspezifische Parameter z. B. eine geringe Feldbelastung und eine natürliche Ordnung der selbst erzeugten Frequenzen eingehalten werden. Heizen mit Strom bietet sich durch geringere Anschaffungskosten und vielfach unkomplizierte Lösungen an. Des Weiteren können Handwerkerkosten für Leitungswege bei der Herstellung sowie Wartungskosten beim Betrieb der Heizanlage eingespart werden. Für den Kunden steht somit nicht die Auswahl des Heizmediums, sondern die Funktion der Heizung als Konvektions- oder Strahlungsheizung primär im Vordergrund. Verschiedene Untersuchungen belegen, dass der Strahlungsheizung aus gesundheitlichen und ökonomischen Gründen grundsätzlich der Vorzug zu geben ist.

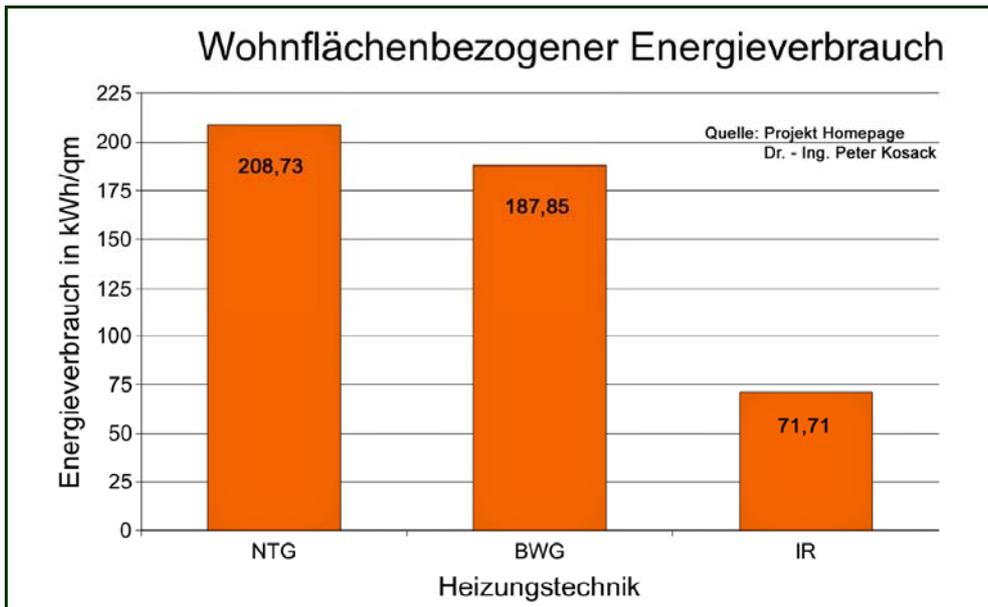
Durch die Technische Hochschule Kaiserslautern wurden im Zeitraum 2008/2009 in einer Vergleichsmessung die erfassten Energieverbrauchswerte vergleichbarer Wohnflächen bei Heizung mit Gas bzw. Infrarot-Wärmestrahlung gegenübergestellt. Zielsetzung war die Bestimmung des Energie- und Energiekostenverbrauchs am konkreten Beispiel und ein daraus abgeleiteter Versuch einer verallgemeinerten Bewertung der Energiebilanz unter ökologischen Gesichtspunkten und der Gesamtkosten für beide Heizungssysteme.

Die Ergebnisse der Studie, die explizit mit den Produkten der KNEBEL Infrarot-Flachheizungen GmbH & Co.KG erzielt wurden, sind auf der PROJEKT-HOMEPAGE von DR.-ING. PETER KOSACK unter dem Link: <http://www-user.rhrk.uni-kl.de/~kosack/forschung /?infrarot-strahlungsheizung> veröffentlicht. Das Projekt konnte die ökonomische und ökologische Sinnhaftigkeit der Infrarot-Wärmestrahlung an den Strahlungsheizungen bestätigen, die in dieser Studie hinsichtlich ihrer biologischen Wirksamkeit geprüft wurden.

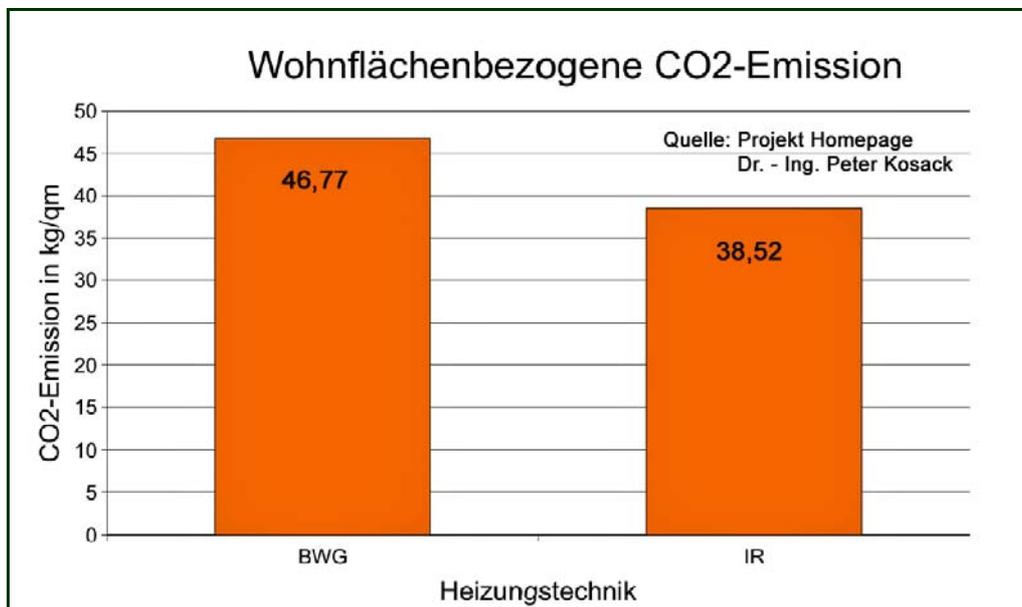
Die Grafiken der Ergebnisse wurden dem Projekt von Dr.-Ing. Kosack entnommen und sind auf den Folgeseiten abgebildet.

### **Wohnflächenbezogener Energieverbrauch der Studie**

Der wohnflächenbezogene Energieverbrauch als primäre Kennziffer lag in dieser Studie bei der Infrarotwärmestrahlung im Vergleich zur Gasheizung (auch mit moderner Brennwerttechnik) bei etwa nur einem Drittel. Der Unterschied im Energieverbrauch fällt in dieser Praxis-Studie recht deutlich aus.



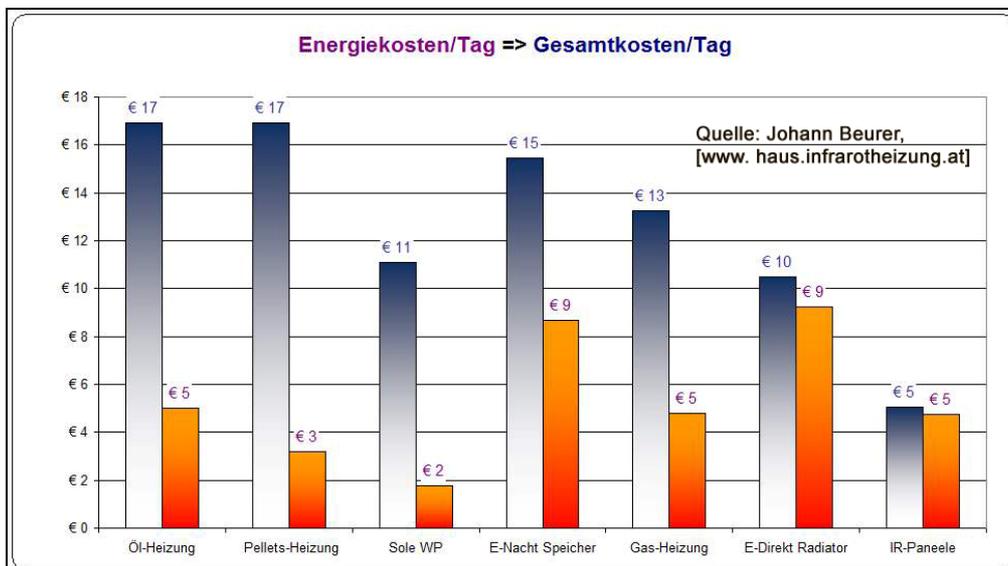
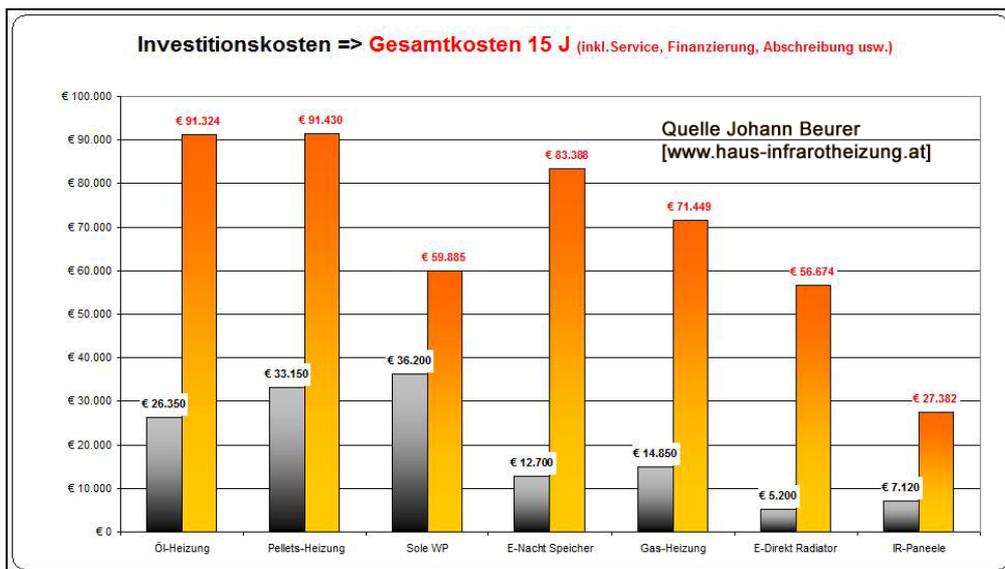
Beide Wohnungen wurden in gleicher Weise per Stoßlüftung gelüftet. In den gasbeheizten Wohnungen sank in Frostperioden die Innentemperatur der Außenwandflächen auf 14 Grad Celsius. Die infrarot beheizten Wandoberflächen wurden dagegen auf mindestens 19 Grad Celsius gehalten und lagen durchschnittlich über den Werten der Lufttemperatur. Die Infrarotheizung schneidet in dieser Studie auch bezüglich der CO<sub>2</sub>-Emmision besser ab als die Gasheizung. Das gilt erst recht bei Verwendung von 100 Prozent regenerativen Strom [Kosack, 2009].



Die Ergebnisse dieser Praxisstudie werden in ähnlicher Weise bekräftigt durch einen Vergleich der Gesamtkosten für verschiedene Heizungssysteme, der ursprünglich von der Stiftung Warentest (Quelle: [www.heiz-tipp.de](http://www.heiz-tipp.de)) erstellt wurde. Dieser Vergleich beinhaltet Investitions-, Verbrauchs- und Kapitalkosten über die Nutzungsdauer einer Heizanlage von 15 Jahren für ein Wohnhaus von 160 m<sup>2</sup> Nutzfläche. Bauliche Anforderungen sind bei zentralen Heizungsanlagen (z. B. ein Technikraum) einkalkuliert. Die Ursprungstabelle wurde durch den Energieberater Johann Beurer, Klagenfurt mit aktuellen Werten, wie z. B. der Sole Wärmepumpe ergänzt. Die Werte

sind auf den Webseiten von Johann Beurer ([www.haus-infrartheizung.at](http://www.haus-infrartheizung.at)) veröffentlicht und können ohne Anspruch auf Vollständigkeit dort geladen werden. Die Daten beinhalten angenommene Werte, die durch Temperaturschwankungen und Eigennutzung hohen Toleranzen unterliegen können.

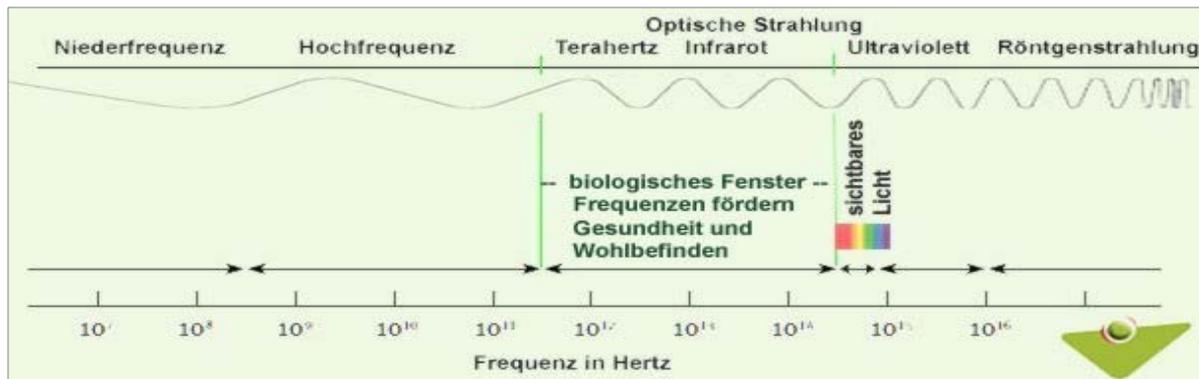
Mit freundlicher Genehmigung des Autors dürfen die Grafiken der Gesamtkosten unterschiedlicher Heizanlagen in diesem Gutachten zur weiteren ökonomischen Untersetzung von Praxisuntersuchungen herangezogen werden. Für die Darstellung in diesem Gutachten wurden die Grafiken der Investitionskosten gesamt für 15 Jahre sowie die daraus resultierenden Energiekosten je Tag für die verschiedenen Heizanlagen ausgewählt.



Der Gegenüberstellung ist zu entnehmen, dass auf der Basis des Gesamtaufwandes für den Bau inklusive eines 15-jährigen Betriebes von Heizanlagen die Wärmestrahlung mit Infrarot-Paneelen aus ökologischer und ökonomischer Sicht mit an vorderer Position steht.

## 1.4. Wissenschaftliche Studien über Infrarot- Wärmestrahlung

Für Anwendungen der Magnetfeldtherapie wurde von Prof. Dr. William Ross Adey der Begriff „Biologisches Fenster“ geprägt. Damit soll sozusagen ein ausgewähltes elektromagnetisches Spektrum beschrieben werden, welches vom Körper „erkannt“ und somit eine positive physiologische Reaktion ausgelöst wird. Als Hypothese soll in dieser Studie untersucht werden, ob das von den Heizelementen der Infrarot-Flachheizungen GmbH & Co. KG ausgestrahlte infrarote Spektrum vom vegetativen Nervensystem der Probanden als ein „biologisches Fenster“ empfunden wird.



In anderen wissenschaftlichen Untersuchungen hat sich bisher gezeigt, dass sich im infraroten Strahlungsspektrum starke Resonanzlinien zu lebenden Zellen zeigen. Die Ausgangshypothese bestätigt sich, wenn im Zeitraum der Anwendung der Strahlungswärme in dieser Studie der Aufwand des Herz-Kreislauf-Systems der Probanden zur Erhaltung der inneren Balance merklich rückläufig ist.

Internationale Studien belegen zunehmend die förderliche Wirkung der Infrarotstrahlung auf den menschlichen Organismus. Wissenschaftliche Untersuchungen zeigen, dass insbesondere zu Heilzwecken die Eigenschaft des Fernen Infrarots (FIR) genutzt wird, tief in den Körper einzudringen und dort einen Mechanismus auszulösen, welcher die Blutzirkulation fördert. [Dr Kobu Y, Faculty of health science, Kobe University School of Medicine. Quelle: Kobe J Med Sci, 45(1): 27-39 1999 Feb. und Dozent Lundberg, Karolinska Institutet, Uni Stockholm, Schweden.]

Fernes Infrarot (FIR) führt weiterhin zur Verbesserung des Energiehaushalts der Zelle und Zunahme des vorhandenen ATP. Die Zellen der Sehnen, Bänder und Muskeln gesunden schneller unter dem Einfluss langwelliger Infrarotstrahlung. Wissenschaftliche Studie: Dr Kobu Y, Faculty of health science, Kobe University School of Medicine. Quelle: Kobe J Med Sci, 45(1): 27-39 1999 Feb.

NASA News vom 18/12/00 beschreibt die Beobachtung der Erhöhung des Energieniveaus der Zellen und Beschleunigung der Heilung durch ein Ärzteteam des Medical College of Wisconsin (Prof. Dr. Whelan) nach Infrarotbehandlungen bei schweren Erkrankungen.

Weitere Studien bestätigen die Linderung von Schmerz, eine Verbesserung der Funktion von Gelenken durch Anwendung von Infrarot-Wellen bei Arthrosen [J. American Geriatric Soc. 1992 40:23-26).

Mit der Pressemitteilung Nr. 136/2006 vom 09.08.2006 publiziert die Chirurgische Universitätsklinik Heidelberg im „British Journal of Surgery“ eine Doppelblindstudie über die Verkürzung des Klinikaufenthaltes von Patienten bei Magen-Darmoperationen nach Infrarot-Bestrahlung.

„Weil alle Lebewesen während evolutionärer Zeiträume der Infrarotstrahlung (Wärme) ausgesetzt waren, darf man erwarten, dass diese potentiell unschädlich ist, anders als Strahlungsarten wie Mikrowellen und [künstliche] ionisierende Strahlung, welcher die Organismen im Lauf der Evolution nie ausgesetzt waren“, so kommentierte Jeff Carson, Lawson Health Research Institute of London in Ontario, Kanada die Einführung neuer bildgebender Technik mit Nah-Infrarot für Gewebeuntersuchung (Morgan, BioEM 2009).

Aus dem Gesagten und weiteren hier nicht genannten Studien ist zu erwarten, dass die Infrarotstrahlung generell einen förderlichen Einfluss auf das Wohlbefinden und die Gesundheit lebender Systeme hat.

### **1.5. Aufgabenstellung dieser Studie**

Bisher war es die gültige Lehrmeinung, dass Energiefelder nur eine Wirkung auf den Organismus haben können, wenn sie zur Temperaturerhöhung oder Ionisierung des Gewebes beitragen. Zunehmend konnten Biologen wiederholt jetzt nachweisen, wie empfindlich Organismen auf kleinste Signale in ihrer Umgebung reagieren.

Das Angebot an Infrarot-Wärmepaneelen ist auf dem Markt in den letzten Jahren stark angestiegen und wird intensiv beworben. Trotz den oben beschriebenen effektiven Leistungsparametern der Infrarot-Strahlungsheizung sind Bauherren heute ziemlich verunsichert. Zum einen fühlt sich mancher Kunde durch diese Technologie im Wohnraum künstlichen Energiestrahlungen ausgesetzt, zum anderen stehen Behörden und Planer dieser eigentlich umweltfreundlichen Technologie ablehnend gegenüber. Zwar wird elektrischer Strom fast vollständig in Wärme umgesetzt, doch insbesondere Behörden gehen noch heute einfach davon aus, dass Strom in Kraftwerken nur mit lediglich 35 % Wirkungsgrad erzeugt wird. Im Hinblick auf die rasante Entwicklung der dezentralen Stromerzeugung birgt diese Sichtweise ökologische Nachteile für die Bauherren.

Das Anliegen dieser Studie ist es, die biologische Wirkung der von den Infrarot-Strahlungsheizungen der Produktlinien „PowerSun Reflex“ und „PowerSun Perfekt“ der Firma KNEBEL Infrarot-Flachheizungen GmbH & Co. KG ausgehenden Wärmestrahlung durch die Rückmeldung körpereigener Signale zu erfassen und zu analysieren. Die Ergebnisse dieses Gutachten sollen dem Kunden die Auswahl technischer Geräte erleichtern, da auf dem Markt unterschiedliche Technologien angewandt werden, um Wärmestrahlung im infraroten Spektrum zu erzeugen. Das vegetative Nervensystem des Menschen wertet zu jedem Zeitpunkt die Veränderungen der Umgebungsstrahlung aus. In dieser Studie sollen über die Rückmeldung körpereigener Signale der einbezogenen Probanden die Effekte der von den Heizelementen der KNEBEL Infrarot-Flachheizungen GmbH & Co. KG ausgehenden Wärmestrahlung auf die biologischen Rhythmen von Anwendern erfasst und dargestellt werden. Es ist zu erwarten, dass Strahlungswärme im infraroten Spektrum dann förderliche Effekte im Biofeld des Menschen auslöst, wenn

sie der physikalischen Ordnung und dem natürlichen Prinzip der Strahlung der Sonne nahe kommt.

## 1.6. Produktserien der KNEBEL Infrarot-Flachheizungen GmbH & Co. KG für diese Studie

Die in dieser Studie getroffenen Aussagen gelten für die Heizelemente folgender Produktserien der Firma KNEBEL Infrarot-Flachheizungen GmbH & Co. KG:

- „PowerSun Reflex“ und
- „PowerSun Perfekt“

### 1.6.1. Beschreibung der Elemente der Produktserien

#### Wand- und Deckenheizung „PowerSun Reflex“

Die „PowerSun Reflex“ garantiert nach Herstellerangaben durch ihre speziell beschichtete Oberfläche eine besonders hohe Wärmeabstrahlung. Sie ist leicht strukturiert weiß einbrennlackiert, daher sehr kratzfest und vergilbungsfrei. Robustes Gehäuse aus 1,5 mm Aluminium/Stahl. Wahlweise mit überstreichbarer Mineralbeschichtung für besonders gute Wärmeabstrahlung und passende Optik bei der Deckenmontage.

#### Infrarot-Energiesparheizung "PowerSun Perfekt"

Die Vorderseite der "**PowerSun-Perfekt**" besteht aus einer ganz besonderen, 3 mm starken Heizplatte. Die Platte ist mit speziellen Mineralien beschichtet. Der elegante Alurahmen ist mattsilber.

Technische und biophysikalische Untersuchungen erfolgten an den Heizelementen „PowerSun Reflex“ 900 Watt und „PowerSun Perfekt“ 500 Watt. Die in diesen Produktserien angebotenen Heizelemente sind in folgender Tabelle zusammengestellt.

Zusammenstellung der für das Zertifikat gültigen Produktserie der KNEBEL Infrarot-Flachheizkörper GmbH & Co. KG				
Typ	Artikel Nr.	Leistung [Watt]	Abmessung LxBxT [mm]	Gewicht [kg]
„PowerSun Reflex“	10-0460-300-01	300	600*400*10	4,0
	10-04060-300-01m	300	600*400*10	4,0
	10-0460-300-01s	300	400*600*25	5,0
	10-04060-300-01ms	300	600*400*25	5,0
	10-06262-300-01	300	625*625*10	4,0
	10-06262-300-01m	300	625*625*10	4,0
	10-06262-300-01s	300	625*625*25	5,0
	10-06262-300-01ms	300	625*625*25	5,0
	10-06090-300-01	300	900*600*10	7,0
	10-06090-300-01m	300	900*600*10	7,0
	10-06090-300-01s	300	900*600*25	8,0
	10-06090-300-01ms	300	900*600*25	8,0
	10-06090-450-01	450	900*600*10	7,0
	10-06090-450-01m	450	900*600*10	7,0

Fortführung Zusammenstellung der für das Zertifikat gültigen Produktserie der KNEBEL Infrarot-Flachheizkörper GmbH & Co. KG				
Typ	Artikel Nr.	Leistung [Watt]	Abmessung LxBxT [mm]	Gewicht [kg]
„PowerSun Reflex“	10-06090-450-01s	450	900*600*25	8,0
	10-06090-450-01ms	450	900*600*25	8,0
	10-06090-600-01	600	900*600*10	7,0
	10-06090-600-01m	600	900*600*10	7,0
	10-06090-600-01s	600	900*600*25	8,0
	10-06090-600-01ms	600	900*600*25	8,0
	10-50100-600-01	600	1000*500*10	7,0
	10-50100-600-01m	600	1000*500*10	7,0
	10-50100-600-01s	600	1000*500*25	8,0
	10-05100-600-01ms	600	1000*500*25	8,0
	10-40120-600-01	600	1200*400*10	7,0
	10-40120-600-01m	600	1200*400*10	7,0
	10-41020-600-01s	600	1200*400*25	8,0
	10-41020-600-01ms	600	1200*400*25	8,0
	10-60120-600-01	600	1200*600*10	9,0
	10-60120-600-01m	600	1200*600*10	9,0
	10-60120-600-01s	600	1200*600*25	9,0
	10-60120-600-01ms	600	1200*600*25	9,0
	10-60120-900-01	900	1200*600*10	9,0
	10-60120-900-01m	900	1200*600*10	9,0
	10-60120-900-01s	900	1200*600*25	10,0
	10-61120-900-01ms	900	1200*600*25	10,0
„PowerSun Reflex“	10-04060-300-01	300	600*400*25	4,0
mit Bild	20-06090-300-01	300	900*600*25	4,5
	20-06090-450-01	450	900*600*25	6,0
	20-06090-600-01	600	900*600*25	6,0
	20*60120-900-01	900	1200*600*25	8,0
„PowerSun Perfekt“	13-06090-320-01	320	900*600*25	9,0
	13-0690-520-01	500	900*600*25	9,0

Alle Infrarot Heizelemente der KNEBEL Infrarot-Flachheizkörper GmbH & Co. KG erfüllen die Anforderungen der europäischen Niederspannungsrichtlinie 2006/95/EG und der harmonisierten Normen EN 60335-1 und EN 60335-2 elektromagnetische Verträglichkeit 2004/108/EG und der harmonisierten Norm EN 50366 und sind mit dem CE-Konformitätszeichen gekennzeichnet.

## 2. Versuchsaufbau und Messwerte der technischen Messung

Für eine realitätsnahe Bewertung wurden die elektromagnetische Feldbelastung im Umfeld der untersuchten Heizelemente im Abstand von 0,5 m und 1,0 m vom Testobjekt gemessen.

### 2.1. Messprotokoll Feldbelastung

Für die technische Messung wurden folgende Messgeräte eingesetzt:

Messgerät: Feldstärkemessgerät ME 3951 A  
der Firma Gigahertz Solutions GmbH, Langenzenn  
mit internen Sensoren für elektr. Feldstärke und magn. Flussdichte

Messgerät: HF Analyser HF 38 A  
der Firma Gigahertz Solutions GmbH, Langenzenn  
mit Antenne LogPer 800 MHz – 3.000 MHz.

#### 2.1.1. Messprotokoll der hochfrequenten elektromagnetischen Strahlung

Messgerät: HF Analyser HF 38 A  
der Firma Gigahertz Solutions GmbH, Langenzenn

Beim Einschalten des Infrarot-Heizpaneels konnte **keine** messbare Erhöhung der am Messplatz unvermeidbaren Leistungsflussdichte hochfrequenter elektromagnetischer Strahlung festgestellt werden.

#### 2.1.2. Messprotokoll der elektrischen Feldstärke

Messgerät: Feldstärkemessgerät ME 3951 A  
der Firma Gigahertz Solutions GmbH, Langenzenn  
Messbereich: 50 Hz bis 400 kHz

Der Messwert der elektrischen Feldstärke wurde bei aktiver Heizleistung der Infrarot-Elemente ermittelt.

Elektrische Feldstärke der untersuchten Heizelemente der KNEBEL Infrarot-Flachheizungen GmbH & Co. KG		
Abstand	Elektrische Feldstärke [V/m]	
	„PowerSun Reflex“ 1200*600*10	„PowerSun Perfekt“ 900*600*25
0,5 m	81	16
1,0 m	55	7

Die am Messplatz aus der Hausinstallation unvermeidbare Feldstärke elektrischer Wechselfelder betrug 5,0 V/m.

Als aktuelle Grenzwertempfehlung der 26. Bundesimmissionsschutz-Verordnung (26.BImSchV) gilt für die Feldstärke niederfrequenter elektrischer Wechselfelder 5.000 V/m. Die empfohlenen baubiologischen Richtwerte für Schlafbereiche liegen deutlich unter diesen Grenzwerten.

### 2.1.2. Messprotokoll der magnetischen Flussdichte

Niederfrequente magnetische Wechselfelder werden hervorgerufen durch fließende Ströme in elektrischen Leitungen.

Messgerät: Feldstärkemessgerät ME 3951 A  
 der Firma Gigahertz Solutions GmbH, Langenzenn  
 Messbereich: 50 Hz bis 400 kHz

Magnetische Flussdichte der untersuchten Heizelemente der KNEBEL Infrarot-Flachheizungen GmbH & Co. KG		
Abstand	Magnetische Flussdichte [nT]	
	„PowerSun Reflex“ 1200*600*10	„PowerSun Perfekt“ 900*600*25
0,5 m	62	18
1,0 m	25	9

Als baubiologischer Richtwert (Vorsorgewert) für Schlafbereiche wird eine magnetische Flussdichte > 20 nT – 100 nT als schwache Anomalie eingestuft. Die Grenzwertempfehlung nach 26.BImSchV für die magnetische Flussdichte von niederfrequenten Wechselfeldern liegt bei 100.000 nT.

Bei der Installation von Heizelementen der KNEBEL Infrarot-Flachheizungen GMBH & Co. KG sollte aus Vorsorgegründen ein Mindestabstand von 1,00 m zu Schlafplätzen eingehalten werden.

## 2.2. Messprotokolle Temperaturen

### 2.2.1. Untersuchung Raumtemperaturen sowie Oberflächentemperaturen der Heizelemente

Als weitere technische Untersuchung wurde in der Studie der Temperaturanstieg in einem vorgeheizten Versuchsraum nach Aktivierung der Heizelemente „PowerSun Reflex“ 1200\*600\*10 bzw. „PowerSun Perfekt“ 900\*600\*25 für einem Zeitraum von insgesamt 0,5 Stunden protokolliert. Der Versuchsraum war zentral mittels einer temperaturgesteuerten Fußbodenheizung beheizt.

Vor der Aktivierung des Infrarot-Heizelementes und nach 30 Minuten aktiver Heizleistung wurden die Temperaturen der Raumluft [°C], der Bauteile [°C], die Oberflächentemperatur der Heizflächen [°C] und die vom Heizelement abgestrahlte Wärmemenge im infraroten Spektrum [W/m<sup>2</sup>] erfasst und protokolliert.

Verwendete Messgeräte: für Oberflächentemperatur Bauteile und Heizelemente:  
**Infrarotthermometer SainSonic**  
 Temperaturbereich: - 50 °C bis + 320 °C  
 Messgenauigkeit ± 2% bzw. 2 °C

für Messung der Lufttemperatur im Raum  
 ELSEC 775  
 Messung der Umgebungstemperatur in °C bzw. °F,  
 Messgenauigkeit: ± 0,5°C bzw. (±0,9°F)

IR-Sensor mit spektraler Empfindlichkeit des  
 Thermoelements: 350 nm bis 40 µm

<b>Oberflächentemperaturen der Heizelemente (bei 0,5 Stunden)</b>																									
„PowerSun Reflex“ 1200*600*10	„PowerSun Perfekt“ 900*600*25																								
<p>„PowerSun Reflex“ 1200*600*10</p> <table border="1"> <tr> <td>94</td> <td>108</td> <td>94</td> </tr> <tr> <td colspan="3"><i>Grad Celsius Oberflächentemperatur</i></td> </tr> <tr> <td>108</td> <td>111</td> <td>106</td> </tr> <tr> <td>92</td> <td>88</td> <td>92</td> </tr> </table>	94	108	94	<i>Grad Celsius Oberflächentemperatur</i>			108	111	106	92	88	92	<p>„PowerSun Perfekt“ 900*600*25</p> <table border="1"> <tr> <td>95</td> <td>97</td> <td>95</td> </tr> <tr> <td colspan="3"><i>Grad Celsius Oberflächentemperatur</i></td> </tr> <tr> <td>97</td> <td>101</td> <td>98</td> </tr> <tr> <td>96</td> <td>98</td> <td>96</td> </tr> </table>	95	97	95	<i>Grad Celsius Oberflächentemperatur</i>			97	101	98	96	98	96
94	108	94																							
<i>Grad Celsius Oberflächentemperatur</i>																									
108	111	106																							
92	88	92																							
95	97	95																							
<i>Grad Celsius Oberflächentemperatur</i>																									
97	101	98																							
96	98	96																							

Das Heizelement „PowerSun Perfekt“ erreicht bei einer Leistung von nur 500 Watt recht gleichmäßig verteilte Oberflächentemperaturen von annähernd 100 Grad Celsius.

<b>Abgestrahlte Wärmemenge der Heizelemente im infraroten Spektrum [W/ m<sup>2</sup>]</b>													
„PowerSun Reflex“ 1200*600*10	„PowerSun Perfekt“ 900*600*25												
<p>„PowerSun Reflex“ 1200*600*10</p> <table border="1"> <tr> <td colspan="3"><i>abgegebene Wärmemenge im infraroten Spektrum: W/ m<sup>2</sup></i></td> </tr> <tr> <td>120</td> <td>152</td> <td>112</td> </tr> </table>	<i>abgegebene Wärmemenge im infraroten Spektrum: W/ m<sup>2</sup></i>			120	152	112	<p>„PowerSun Perfekt“ 900*600*25</p> <table border="1"> <tr> <td colspan="3"><i>abgegebene Wärmemenge im infraroten Spektrum: W/ m<sup>2</sup></i></td> </tr> <tr> <td>115</td> <td>118</td> <td>115</td> </tr> </table>	<i>abgegebene Wärmemenge im infraroten Spektrum: W/ m<sup>2</sup></i>			115	118	115
<i>abgegebene Wärmemenge im infraroten Spektrum: W/ m<sup>2</sup></i>													
120	152	112											
<i>abgegebene Wärmemenge im infraroten Spektrum: W/ m<sup>2</sup></i>													
115	118	115											

Die abgestrahlte Wärmemenge im infraroten Spektrum ist beim Heizelement „PowerSun Reflex“ mit 152 W/m<sup>2</sup> bei einer Leistung von 900 Watt mit 22,3 % auch höher. Die Wärmestrahlung im infraroten Spektrum ist beim Heizelement „PowerSun Perfekt“ bezogen auf die Leistung von nur 500 Watt recht hoch und in der Abgabe recht gleichmäßig über die Fläche des Heizelementes verteilt. Die Erwärmung der Rückseite der Infrarot-Flachheizungen liegt zwischen 26 bis maximal 28 °C.

**Anstieg der Umgebungstemperatur und Wärmestrahlungseffekte im Raum mit „PowerSun Reflex“ 1200\*600\*10 bei voller Leistung in 30 Minuten**

Raum im Neutralzustand vor Aktivierung der Infrarotheizung	Raum nach 30 Minuten Wärmestrahlung „PowerSun Reflex“ 1200*900*10
--	---

„PowerSun Reflex“ 1200\*600\*10

Raumluft °C	Bauteile °C	Infrarot W/ m <sup>2</sup>
20,4	Decke 21,3	1,8
20,3	Wand 19,4	0,0
20,4	Fußboden 22,3 Kork	4,8

„PowerSun Reflex“ 1200\*600\*10

Raumluft °C	Bauteile °C	Infrarot W/ m <sup>2</sup>
21,4	Decke 22,5	9,3
22,0	Wand 22,5	1,1
23,5	Fußboden 23,9 Kork	5,8

**Anstieg der Umgebungstemperatur und Wärmestrahlungseffekte im Raum mit „PowerSun Perfekt“ 900\*600\*25 bei voller Leistung in 30 Minuten**

Raum im Neutralzustand vor Aktivierung der Infrarotheizung	Raum nach 30 Minuten Wärmestrahlung „PowerSun Perfekt“ 900*600*25
--	---

„PowerSun Perfekt“ 900\*600\*25

Raumluft °C	Bauteile °C	Infrarot W/ m <sup>2</sup>
20,1	Decke 20,7	1,2
20,0	Wand 19,6	0,0
19,9	Fußboden 23,5 Kork	4,6

„PowerSun Perfekt“ 900\*600\*25

Raumluft °C	Bauteile °C	Infrarot W/ m <sup>2</sup>
21,1	Decke 21,8	9,3
22,0	Wand 21,6	1,1
21,9	Fußboden 25,3 Kork	5,3

Im Hinblick auf die Ausgangswerte stellen sich die Effekte einer Wärmestrahlung bereits nach 30 Minuten Temperierung für beide untersuchten Heizelemente der KNEBEL Infrarot-Flachheizungen GmbH & Co. KG recht deutlich heraus.

Der Untersuchungsraum wurde jeweils vor der Temperierung mit den Heizelementen der KNEBEL Infrarot-Flachheizungen GmbH & Co. KG gelüftet. Die durch die Fußbodenheizung relativ konstante Temperatur der Raumluft kann die Bauteile Wand bzw. Decke annähernd auf 20 bzw. 21 °C temperieren. Der Korkfußboden über der Fußbodenheizung im Versuchsraum hat als Bauteil die meist höhere Oberflächentemperatur. Aus der Fußbodenheizung ist ein geringer Anteil Wärmestrahlung von 4,6 bis 4.8 W/ m<sup>2</sup> im Raum messbar.

Mit Aktivierung des jeweiligen Infrarot-Heizelementes erhöht sich der Anteil an IR-Wärmestrahlung im Raum. Bereits im kurzen Zeitraum von nur 30 Minuten sind die Oberflächen der Decke und der Wände als Bauteile im Strahlungsumfeld bis auf etwa 22 °C temperiert. Die Temperatur der Raumluft steigt bei voller Leistung des Infrarot-Heizelementes (ohne Regelung) lediglich um 1 bis 2° C an, die umhüllenden Bauteile erreichen eine höhere Temperatur. Trotz der relativ hohen Oberflächentemperatur des Infrarot-Heizelementes ist das Temperaturgefälle der Raumluft im Versuchsraum gering und es kommt nicht zu einem ausgeprägten Wärmestau im Bereich der Decke, wie dies bei Konvektionsheizungen zu beobachten ist.

### **3. Untersuchung der biologischen Effekte der Wärmestrahlung der Heizelemente der KNEBEL Infrarot-Flachheizungen GmbH & Co. KG**

#### **3.1. Grundsätze der biophysikalischen Untersuchung der Wirkung von Strahlungen an lebenden Systemen**

Das Ziel der biophysikalischen Untersuchung in dieser Studie ist es, aus der Entwicklung der Messwerte von Signalen des vegetativen Nervensystems zu analysieren, welche biologischen Effekte bei Anwendern durch die abgegebene Wärmestrahlung der Infrarot-Heizelemente der KNEBEL Infrarot-Flachheizungen GmbH & Co. KG ausgelöst werden. Durch die Konstitution, Vorbelastung und Erfahrung der einzelnen Menschen ist grundsätzlich davon auszugehen, dass die Reaktionen des Nervensystems bei solchen Untersuchungen individuell voneinander abweichen können. Mit der Einbeziehung einer größeren Anzahl von Probanden in solche Untersuchungen, lässt sich der Trend einer biologischen Wirkung, einer Therapie oder eines Verfahrens recht verständlich erkennen und wissenschaftlich bewerten. Grundlage für solche Untersuchungen bilden in einer Neutralmessung protokollierte physiologische Daten, die das vorhandene Stressniveau der ausgewählten Probanden repräsentieren.

Jede Veränderung von Schwingungen bzw. Informationen im Wohn- und Lebensumfeld wird vom vegetativen Nervensystem ständig registriert und ausgewertet. Der Mensch verfügt über ein komplexes Informationsnetz, um die Stabilität dynamisch unter den schnell wechselnden Bedingungen erhalten zu können. Ein Wechsel der Wohnung oder technische Neuinstallationen im eigenen Zuhause können ein völlig verändertes Strahlenklima im Umfeld mit sich bringen, so dass über einen längeren Zeitraum sich eine Neuordnung von Körperrhythmen einstellen kann. Allerdings kann der Mensch eine Veränderung der Information der Umgebungsstrahlung meist nicht über seine 5 Sinne wahrnehmen. Das Autonome Nervensystem, bestehend aus Sympathikus, Parasympathikus und enterischem Nervensystem (Bauchhirn), sind für die Kommunikation mit den vorhandenen Informationsmustern im Umfeld zuständig und passen zu jedem Zeitpunkt die Regulation des biologischen Systems auf veränderte Parameter im Innen- und Außenbereich an.

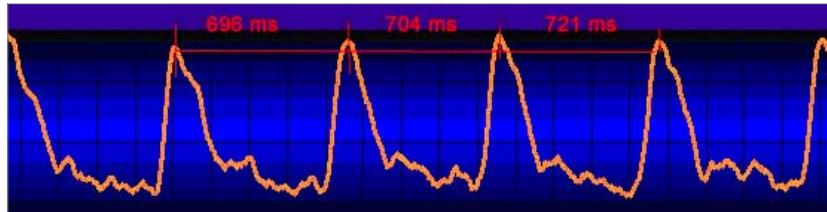
Dabei liegt die spontane Erregung des vegetativen Nervensystems durch wechselnde Anforderungen aus dem Umfeld in der Regel weit unter dem Schwellenwert der körperlich wahrgenommen werden kann. Doch die sensible Messtechnik moderner Biofeedbackgeräte erfasst allerdings auch kleinste Reaktionen der Steuerung des vegetativen Nervensystems, insbesondere über die Parameter der Herzratenvariabilität (HRV). Aus den Erfahrungen des Instituts für Biofeedback & Stressforschung werden gerade diese Parameter bei biophysikalischen Untersuchungen beobachtet. Folgende Signale können beim Wechsel des Strahlenklimas im Wohnraum wertvolle Hinweise liefern:

- Entwicklung des Stresspotentials,
- Entwicklung der Hauttemperatur,
- Entwicklung der Herzrate,
- Entwicklung des geförderten Blutvolumenstroms,
- Entwicklung der Leistung (Totalpower) des vegetativen Nervensystems,

- Entwicklung der Anzahl von Paaren aufeinander folgender Herzschlagintervalle die eine Längendifferenz von mehr als 50 ms aufweisen,
- Entwicklung der Arrhythmie des Herzschlags,
- Entwicklung des sympatho-vagalen Gleichgewichts.

Seit der Mitte der 80er Jahre hat sich in der physiologischen Forschung die Untersuchung der Herzratenvariabilität (HRV) einen hohen Stellenwert erobert. Nach Prof. Michael Mück-Weymann ist die HRV ein „Globalindikator für die Resonanzfähigkeit und Adaptivität bio-psycho-sozialer Funktionskreise im Austausch zwischen Organismus und der Umwelt“ [Mück-Weymann, [www.hrv24.de](http://www.hrv24.de)].

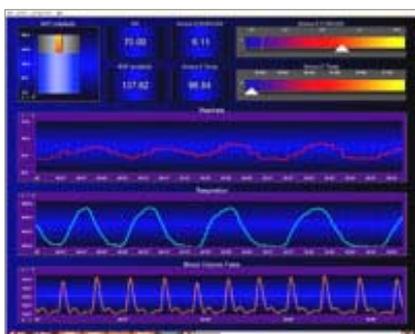
Die Herzratenvariabilität beschreibt zunächst die Fähigkeit des Herzens, den zeitlichen Abstand von einem Herzschlag zum nächsten kontinuierlich und belastungsabhängig zu verändern und sich so flexibel den schnell wechselnden Belastungen aus dem Umfeld anzupassen.



Die HRV ist damit ein Maß für die allgemeine Anpassungsfähigkeit des Organismus an innere und äußere Reize und wird auch als Globalfitness bezeichnet. Menschen mit eingeschränkter HRV funktionieren oft nur in einem begrenzten Bereich. Sie werden durch größere „Lebensschwankungen“ rasch überfordert. Dieses Missverhältnis zwischen den momentanen Anforderungen aus dem Potential der Umgebungsstrahlung einerseits und den zur Verfügung stehenden Bewältigungsmöglichkeiten andererseits, wird als „Stress“ erlebt. [Mück-Weymann, [www.hrv24.de](http://www.hrv24.de)]. In wissenschaftlichen Forschungen hat sich die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse moderner HRV-Messgeräte auch in nur kurzen Untersuchungszeiträumen bestätigt.

### 3.2. Gewähltes Messgerät und Sensoren

Für die biophysikalische Untersuchung wurde in dieser Studie eines der modernsten Biofeedbackgeräte eingesetzt. Das Messgerät „NEXUS 10“ der Firma MIND MEDIA ermöglicht die Erfassung der ganzen Bandbreite physiologischer Signale im Bereich von Biofeedback und Neurofeedback. Mit der BioTrace+ Software wurde eine neue Dimension für physiologische Messungen



geschaffen. Das Biofeedbackgerät „Nexus 10“ ist für die Auswertung spezieller Parameter der HRV ausgelegt.

Die BioTrace+ Software gestattet eine schnelle Auswertung der Messdaten nach Standards der mathematischen Statistik und eine grafische Gestaltung der vom Körper zurückgegebenen Signale. Diese Software erlaubt es auch die Daten der Herzratenvariabilität, sowohl in den Zeit- wie auch

den Frequenzparametern, bildlich aufzubereiten. Die Messdaten der Biosignale werden mit mindestens 24 Samples/Minute erfasst und gespeichert. Damit bleiben alle einzelnen Messwerte prüffähig erhalten und können durch Exportfunktionen beliebig zur Auswertung an andere Datenbanken übergeben werden.

Folgende bewährte und in der Praxis ähnlicher Aufgabenstellungen erprobte Sensoren wurden für die Untersuchung der in diese Studie einbezogenen Probanden eingesetzt:

- EDA-Sensor (elektrodermale Aktivität, Stresspotential),
- BVP-Sensor zur Erfassung der Herzrate, des geförderten Blutvolumens und der HRV-Werte,
- Temperatur-Sensor zur Erfassung der Hauttemperatur.

Ganz allgemein sei noch darauf hingewiesen, dass es in der Psychophysiologie zwar für Messtechniken, nicht jedoch für die Datenauswertung allgemein verbindliche Regeln gibt. Die Auswertungsform und –methode muss sich jeweils an der wissenschaftlichen Fragestellung orientieren. Rein stereotypische Auswertungsregeln können bei biophysikalischen Untersuchungen dieser Art nicht angewendet werden, da unter anderem auch mentale Prozesse der Versuchspersonen einen Einfluss auf die Veränderung ihrer physiologischen Signale haben können. Durch den Leiter der Untersuchung werden diesbezügliche Beobachtungen dokumentiert und ggf. in den Ergebnissen ausgewertet.

### **3.3. Auswahl der Probanden und gewähltes Messprotokoll**

Als Hautgegenstand für die biophysikalische Untersuchung der KNEBEL Infrarot-Flachheizungen GmbH & Co. KG wurden die Heizelemente „**PowerSun Reflex**“ **1200\*600\*10** und „**PowerSun Perfekt**“ **900\*600\*25** für die Untersuchung in dieser Studie ausgewählt.

Für die Teilnahme am Gesamtumfang der biophysikalischen Untersuchung dieser Heizelemente wurden insgesamt achtzehn Testpersonen beiderlei Geschlechts und Alters geworben. Ebenso wurden im Verhältnis zu erwachsenen Testpersonen auch Kinder und Jugendliche in die Studie einbezogen. Die Durchführung der biophysikalischen Untersuchung erfolgte für alle Probanden im gleichen Raum und unter den gleichen Bedingungen des gewählten Messprotokolls, das nachfolgend beschrieben ist. Die Infrarot-Heizelemente der KNEBEL Infrarot-Flachheizungen GmbH & Co. KG waren im Untersuchungsraum im Abstand von 2,0 m von den Probanden aufgebaut. Die Heizelemente wurden im zeitlichen Ablauf des Messprotokolls durch den Versuchsleiter aktiviert. Zwischen der Protokollierung der biophysikalischen Messwerte der Probanden waren Pausen angeordnet. Der Untersuchungsraum wurde zwischen den Messungen wieder gelüftet und „normal“ temperiert.

Um die Vergleichbarkeit der Messprotokolle aller einbezogenen Probanden zu gewährleisten, wurden innerhalb des Beobachtungszeitraums drei Auswertungsperioden mit exakt gleicher Länge von jeweils zwei Minuten festgelegt.

Perioden des Messprotokolls:

- Periode 1: Neutalmessung (Erfassung und Protokollierung des momentanen vorhandenen Stressniveaus der Probanden) – IR-Flachheizkörper inaktiv.
- Periode 2: Protokoll physiologischer Parameter der Probanden nach 10 Minuten Infrarot-Wärmestrahlung durch das jeweils aktivierte Element der KNEBEL Infrarot-Flachheizungen GmbH & Co. KG;
- Periode 3: Protokoll physiologischer Parameter der Probanden nach 20 Minuten Infrarot-Wärmestrahlung durch das jeweils aktivierte Element der KNEBEL Infrarot-Flachheizungen GmbH & Co. KG.

In den einzelnen Perioden wurden die zurückgemeldeten Messwerte physiologischer Signale der Probanden über Sensoren erfasst, die an den Fingern befestigt sind. Die Probanden waren grundsätzlich über die Zuschaltung des Infrarot-Heizelements informiert, sollten sich aber im Untersuchungszeitraum entspannen. Für die statistische Auswertung wurden die Messwerte der letzten 2 Minuten jeder einzelnen Periode herangezogen. Das Messprotokoll wurde zwischen den einzelnen Perioden des Messprotokolls unterbrochen. Aus Datenschutzgründen werden die Personalien der Testpersonen im Gutachten nicht protokolliert.

#### **4. Darstellung und Auswertung der Entwicklung der Messwerte in den Perioden des Messprotokolls**

##### **4.1. Vorbemerkung zu den statistischen Messwerten**

Die Auswertung der protokollierten Messwerte erfolgt im Gutachten generell im Mittel über alle Probanden dieser Studie.

Auf den folgenden Seiten werden jeweils die statistischen Messwerte für die untersuchten Parameter im Mittel über alle Probanden und in allen drei Perioden des Messprotokolls tabellarisch dargestellt. Die Auswertung und die grafische Darstellung der Entwicklung aller Messwerte erfolgt stets getrennt nach den beiden Messobjekten. Insgesamt stehen für alle Probanden und für jedes kontrollierte Biosignal in den Perioden des Messprotokolls folgende Werte zur Verfügung:

- Minimalwert
- Maximalwert
- Mittelwert
- Standardabweichung

Die Mittelwerte und die Standardabweichung der Messwerte werden durch die BioTrace+ Software berechnet. Sie repräsentieren nicht die rein mathematisch definierten Normen, sondern sind an die Häufigkeit des Auftretens in der üblichen Form von Histogrammen geknüpft. Die mittleren Messwerte stellen damit bereits eine optimierte Annäherung an die Normalverteilung dar.

## 4.2. Analyse und Darstellung psychophysiologischer Messwerte

### 4.2.1. Messung der elektrischen Aktivität der Haut

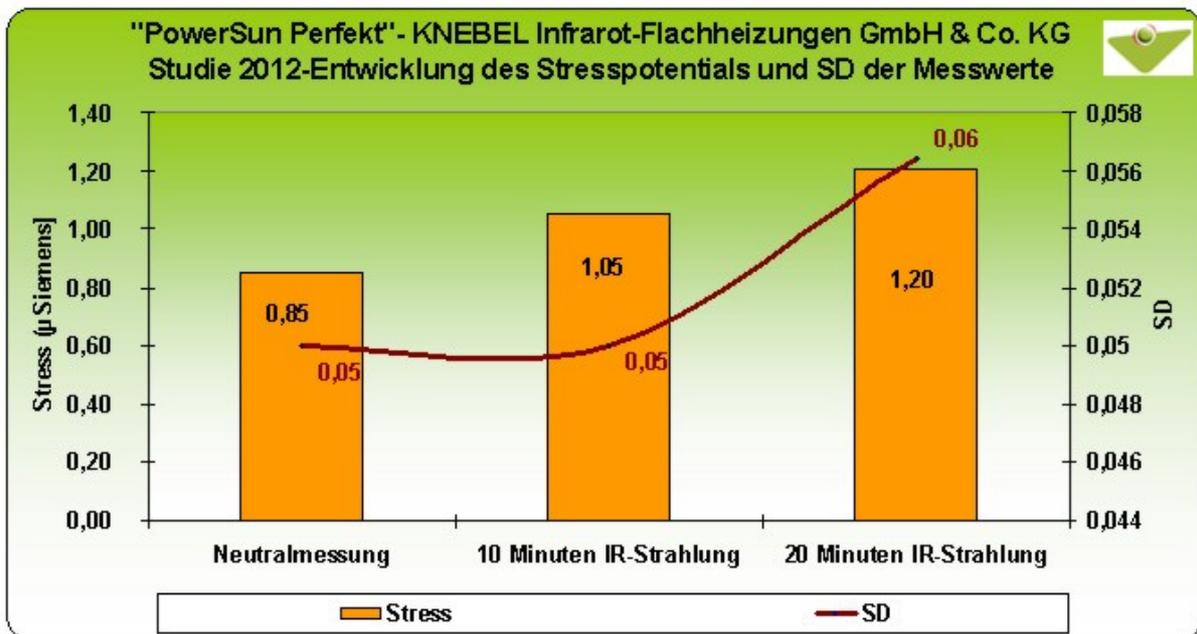
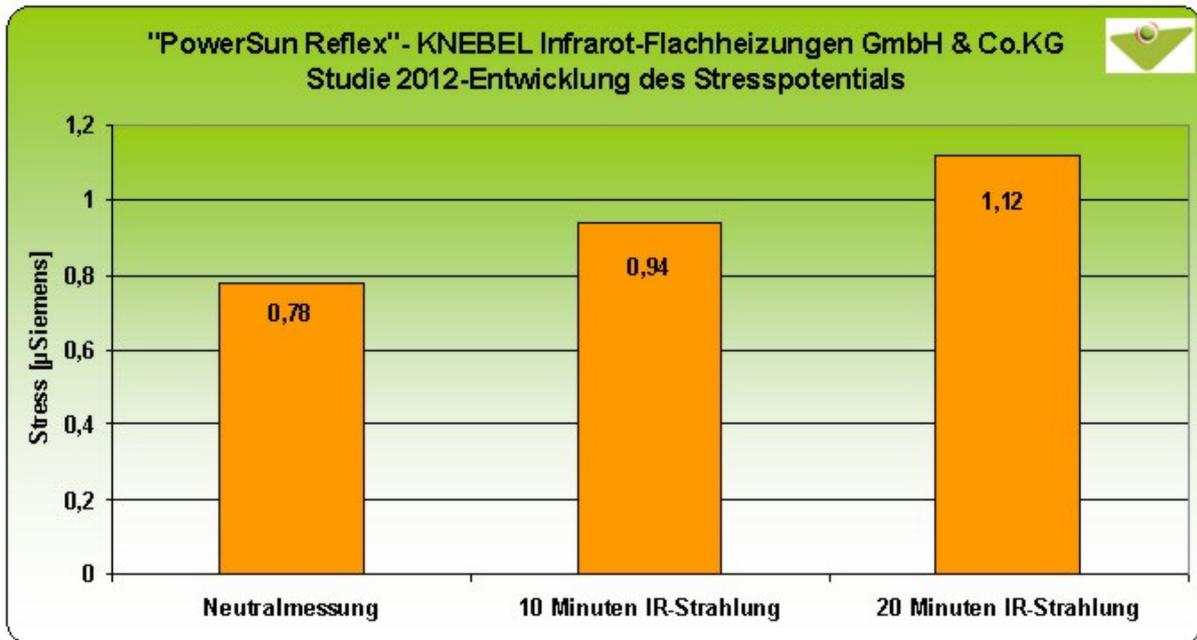
Veränderungen des elektrischen Widerstandes der Haut (engl. galvanic skin response, GSR) stehen grundsätzlich in enger Beziehung zu psychischen bzw. emotionalen Prozessen. Der Hautleitwert ist ein einfacher, aber sehr direkter Indikator des Stresslevels der einbezogenen Probanden zum Zeitpunkt der Untersuchung. Er beruht auf einer erhöhten Schweißsekretion beim Anstieg von sympathischer Aktivität. Über den Sympathikus werden anregende, Stress verursachende, unmittelbar leistungsfördernde Anreize vermittelt. Die elektrische Leitfähigkeit der Haut wird dadurch gesteigert und macht das Erregungsniveau des Organismus messbar. Wie allgemein üblich wird in dieser Studie nicht der Hautwiderstand [Ohm], sondern der sich reziprok verhaltende Hautleitwert [ $\mu$ Siemens] gemessen.

Einige Gründe sprechen dafür, dass die unablässige Reizung des sympathischen Nervensystems durch das Strahlenklima der Umwelt für ein erhöhtes Stressniveau verantwortlich ist. Individuell wird jedoch der Anstieg von Stress nicht bei jedem Menschen von einer erhöhten Schweißsekretion begleitet. Bei der Aufgabenstellung dieser Studie ist jedoch von vorne herein zu erwarten, dass eine Zunahme der Umgebungstemperatur durch die IR-Wärmestrahlung eine Aktivierung der Schweißdrüsenaktivität auslösen kann. Die durch die fehlende Heizungsregelung ständig relativ hohe Oberflächentemperatur der Heizpaneele im Untersuchungszeitraum, kann bei einigen Probanden auch leicht zum Anstieg der Aktivität der Schweißdrüsen führen. Das tatsächliche Wohlfühl der Probanden lässt sich erst aus dem erforderlichen Aufwand des Herz-Kreislaufsystems zum Erhalt der inneren Balance ableiten, dass nachfolgend unabhängig vom Stresspotential im Zusammenhang mit der Entwicklung weiterer Parameter des vegetativen Nervensystems aufzeigt wird.

<b>Mittlere Messwerte des Stresspotentials (Hautleitwert)</b>				
<b>Messobjekt: „PowerSun Reflex“ 1200*600*10</b>				
Perioden	<b>MIN</b> [ $\mu$ Siemens]	<b>MAX</b> [ $\mu$ Siemens]	<b>Mittelwert</b> [ $\mu$ Siemens]	<b>SD</b> [ $\mu$ Siemens]
P 1: Neutralmessung (Basiswerte)	0,71	0,87	0,78	0,05
P 2: 10 Minuten IR-Wärmestrahlung	0,89	1,03	0,94	0,04
P 3: 20 Minuten IR-Wärmestrahlung	1,02	1,29	1,12	0,08

<b>Mittlere Messwerte des Stresspotentials (Hautleitwert)</b>				
<b>Messobjekt: „PowerSun Perfekt“ 900*600*25</b>				
Perioden	<b>MIN</b> [ $\mu$ Siemens]	<b>MAX</b> [ $\mu$ Siemens]	<b>Mittelwert</b> [ $\mu$ Siemens]	<b>SD</b> [ $\mu$ Siemens]
P 1: Neutralmessung (Basiswerte)	0,77	0,94	0,85	0,05
P 2: 10 Minuten IR-Wärmestrahlung	0,97	1,17	1,05	0,05
P 3: 20 Minuten IR-Wärmestrahlung	1,11	1,32	1,20	0,06

Die vegetativen Funktionen können normalerweise nicht durch das Bewusstsein direkt kontrolliert werden. Nach eigener verbaler Aussage empfinden die Probanden die IR-Wärmestrahlung der aktivierten Heizelemente der KNEBEL Infrarot-Flachheizungen GmbH & Co. KG durchweg als angenehm. Dennoch verursacht der Temperaturanstieg auch einen leistungsfördernden Reiz der Schweißdrüsenaktivität, den man als „Wärmestress“ bezeichnen kann.



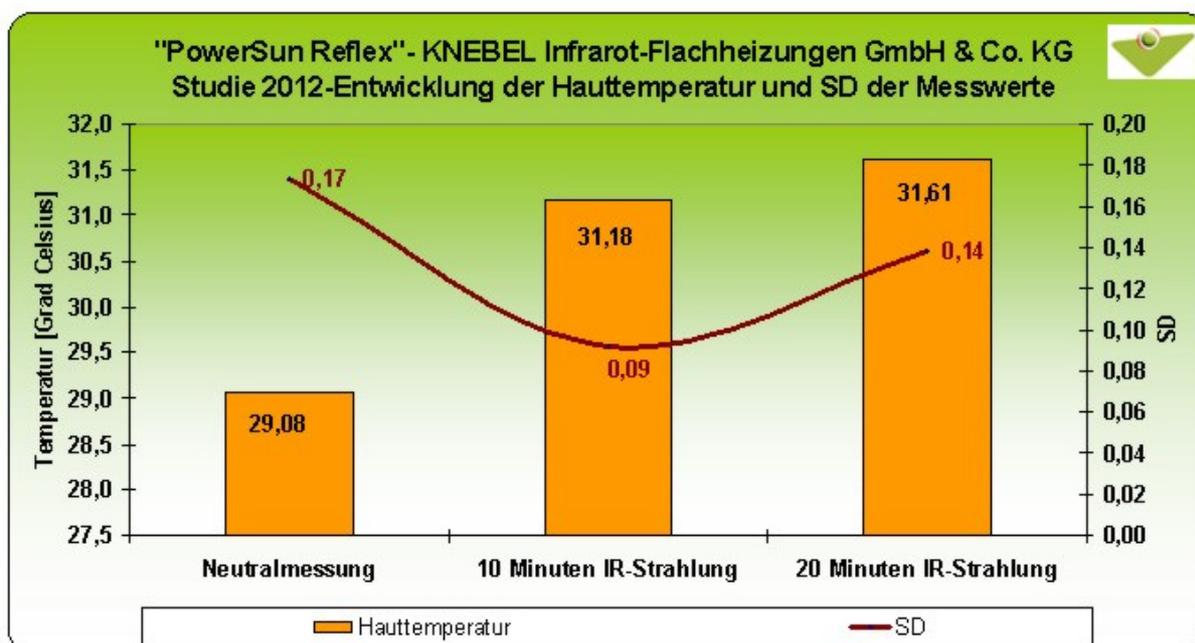
Der Anstieg des mittleren Hautleitwerts bei allen Probanden von nahezu 30 % wird bei beiden IR-Flachheizungen mit dem Anhebung der Umgebungstemperatur im Versuchsraum ursächlich durch die Erwärmung des Gegenstandes der Untersuchung selbst ausgelöst. Die mittlere Standardabweichung als Maß für die Ordnung des Kurvenverlaufs der Messwerte verändert sich im Zeitraum der Untersuchung nur wenig, ausgesprochen geringfügig beim Messobjekt: „PowerSun Perfekt“ 900\*600\*25.

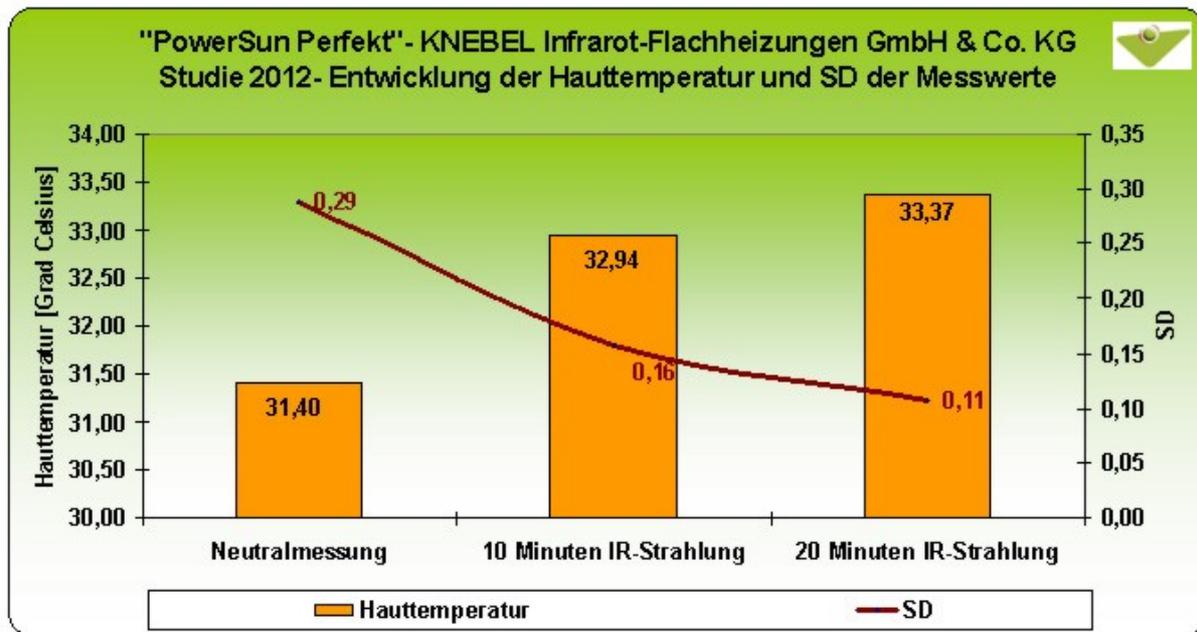
#### 4.2.2. Messung der Hauttemperatur

Die Hauttemperatur [Grad Celsius] wird mittels eines hochempfindlichen thermischen Sensors durch direkten Kontakt mit der Hautoberfläche der Probanden erfasst. Die Messwerte der Hauttemperatur sind gewöhnlich in Studien abhängig von den klimatischen Bedingungen. In dieser Studie ist zu erwarten, dass die Messwerte der Hauttemperatur der Probanden mit dem Anstieg der Umgebungstemperatur im Untersuchungsraum korrelieren. Sie sind aber auch ein Maß dafür, wie schnell die Körpertemperatur der Probanden an die IR-Wärmestrahlung ankoppelt.

<b>Mittlere Messwerte der Hauttemperatur</b>				
<b>Messobjekt: „PowerSun Reflex“ 1200*600*10</b>				
Perioden	MIN [°C]	MAX [°C]	Mittelwert [°C]	SD [°C]
P 1: Neutralmessung (Basiswerte)	28,76	29,36	29,08	0,17
P 2: 10 Minuten IR-Wärmestrahlung	31,03	31,33	31,18	0,09
P 3: 20 Minuten IR-Wärmestrahlung	31,36	31,82	31,61	0,14

<b>Mittlere Messwerte der Hauttemperatur</b>				
<b>Messobjekt: „PowerSun Perfekt“ 900*600*25</b>				
Perioden	MIN [°C]	MAX [°C]	Mittelwert [°C]	SD [°C]
P 1: Neutralmessung (Basiswerte)	30,90	31,88	31,40	0,29
P 2: 10 Minuten IR-Wärmestrahlung	32,70	33,20	32,94	0,16
P 3: 20 Minuten IR-Wärmestrahlung	33,17	33,55	33,37	0,11





Im Allgemeinen gilt für physiologische Untersuchungen, dass der Anstieg der Hauttemperatur mit einer Erhöhung des Wohlbefindens der Testperson einhergeht.

Bei der Aktivierung beider Heizelemente koppeln die Probanden sehr schnell an die IR-Strahlungswärme an. Die mittlere Hauttemperatur der Probanden steigt gegenüber der Neutralmessung bei der „PowerSun Reflex“ 1200\*600\*10 um 2,1 Grad Celsius an. Bei der „PowerSun Perfekt“ 900\*600\*25 beträgt der Temperaturunterschied im Vergleich zur Neutralmessung 1,5 Grad Celsius. Der wesentliche Wärmeaustausch vollzieht sich bereits in den 10 Minuten der IR-Wärmestrahlung, in der Periode 2 des Messprotokolls. Der drastische Anstieg der Hauttemperatur verringert sich danach bis zum Ende des Untersuchungszeitraums. Dieser rapide Anstieg der Hauttemperatur von annähernd 2–2,5 Grad Celsius in dem nur kurzen Zeitraum des Messprotokolls wirkt aber nicht störend in der Körperregulation. Besonders bei der Serie „PowerSun Perfekt“ hat über alle Perioden des Messprotokolls die Standardabweichung der Messwerte eine konstant rückläufige Tendenz. Die Ordnung und die Kontinuität der Messwerte der Hauttemperatur erhöht sich beträchtlich.

Der Anstieg der Messwerte der Hauttemperatur bescheinigt auch die beschriebene Wirkung der grundsätzlich förderlichen Effekte der IR-Wärmestrahlung. Nicht die Raumluft, dagegen aber feste Körper werden wesentlich stärker temperiert.

### 4.2.3. Messung der Herzrate

Die Herzrate oder Herzschlagfrequenz [Schläge je Minute] reagiert auf kurzfristige Wechsel der inneren und/ oder äußeren Belastung in der Regel träge und spiegelt den „Endeffekt“ zahlreicher Regulationseinwirkungen auf das Herz-Kreislauf-System wider. Zwei Menschen mit gleicher durchschnittlicher Herzfrequenz können demzufolge in einem unterschiedlichen Regulationszustand sein. Dieses körpereigene Signal liefert bei kurzfristigen Veränderungen des Strahlungsklimas im Wohnumfeld meist nur ergänzend verwertbare Informationen. Die in dieser Studie später untersuchten Parameter der Herzratenvariabilität lassen aus Erfahrung des Instituts für Biofeedback & Stressforschung weitaus detaillierte Aussagen im Hinblick auf die Entwicklung des Wohlbefindens und der Vitalität der Probanden zu.

<b>Mittlere Messwerte der Herzrate</b>				
<b>Messobjekt: „PowerSun Reflex“ 1200*600*10</b>				
Perioden	<b>MIN</b> [Schläge/ Minute]	<b>MAX</b> [Schläge/ Minute]	<b>Mittelwert</b> [Schläge/ Minute]	<b>SD</b> [Schläge/ Minute]
P 1: Neutralmessung (Basiswerte)	<b>63,56</b>	<b>91,38</b>	<b>76,25</b>	<b>6,88</b>
P 2: 10 Minuten IR-Wärmestrahlung	<b>67,56</b>	<b>90,94</b>	<b>78,48</b>	<b>4,89</b>
P 3: 20 Minuten IR-Wärmestrahlung	<b>69,36</b>	<b>93,19</b>	<b>78,77</b>	<b>4,99</b>

<b>Mittlere Messwerte der Herzrate</b>				
<b>Messobjekt: „PowerSun Perfekt“ 900*600*25</b>				
Perioden	<b>MIN</b> [Schläge/ Minute]	<b>MAX</b> [Schläge/ Minute]	<b>Mittelwert</b> [Schläge/ Minute]	<b>SD</b> [Schläge/ Minute]
P 1: Neutralmessung (Basiswerte)	<b>69,24</b>	<b>91,15</b>	<b>79,45</b>	<b>4,31</b>
P 2: 10 Minuten IR-Wärmestrahlung	<b>71,21</b>	<b>87,81</b>	<b>78,75</b>	<b>3,24</b>
P 3: 20 Minuten IR-Wärmestrahlung	<b>72,78</b>	<b>89,66</b>	<b>79,96</b>	<b>3,30</b>

Die Herzschlagfrequenz beim Menschen ist unter anderem abhängig von der Konstitution, der Belastung und dem Alter. Die mittlere Herzrate der Probanden dieser Studie liegt mit über 70 Schlägen/ Minute in einem Bereich, den man bei gesunden Menschen erwartet. Im Verlauf des Messprotokolls wird mit Aktivierung der IR-Wärmestrahlung eine leichte Zunahme der Herzschlagfrequenz der Probanden protokolliert, welche in dieser Form allerdings keine Interpretation zulässt.

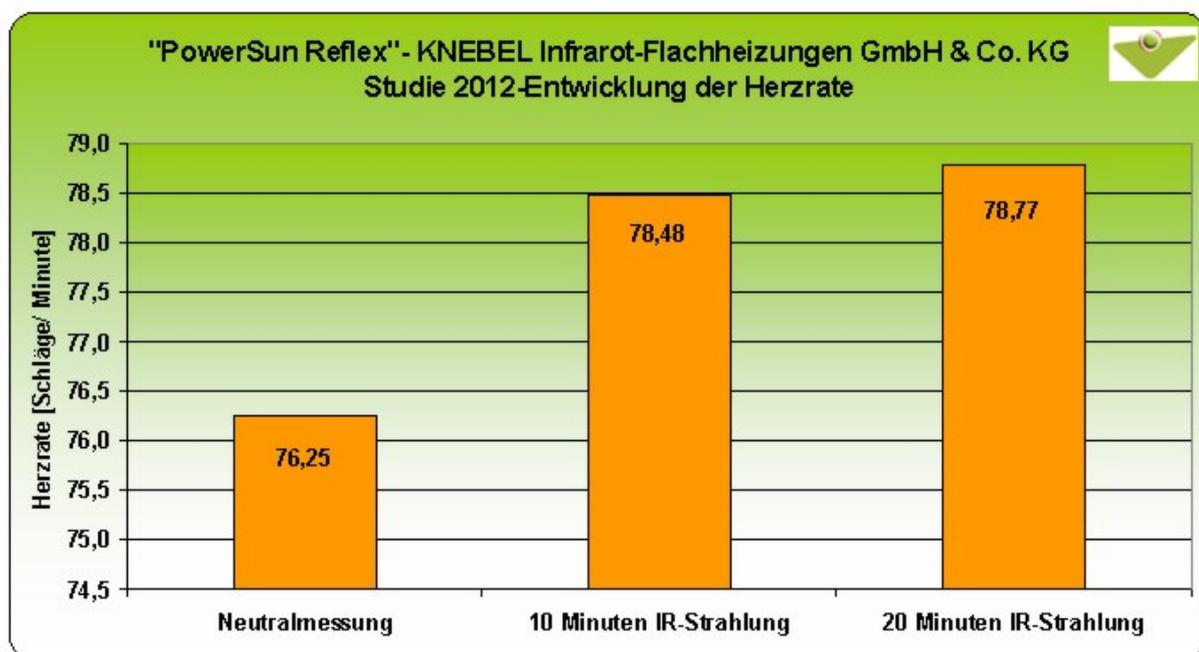
Bedeutsamer ist dagegen der ausgeprägte Anstieg ( $\approx 25$  Prozent) der Ordnung der Herzfrequenz im Zeitraum der Wirkung der Wärmestrahlung auf den Organismus bei beiden untersuchten Heizelementen. Am Beispiel eines Probanden wird individuell nachfolgend das Messprotokoll der mittleren Herzrate zum Zeitpunkt der Neutralmessung und in Periode 3, nach 20 Minuten der IR-Wärmestrahlung in dieser Studie dargestellt. Die Abnahme der Amplituden sowie der Anstieg der Ordnung der Herzfrequenz sind im Messprotokoll am Kurvenverlauf der Herzrate optisch sichtbar.

## Grafik Messprotokoll mittlere Herzrate des Probanden 002 dieser Studie



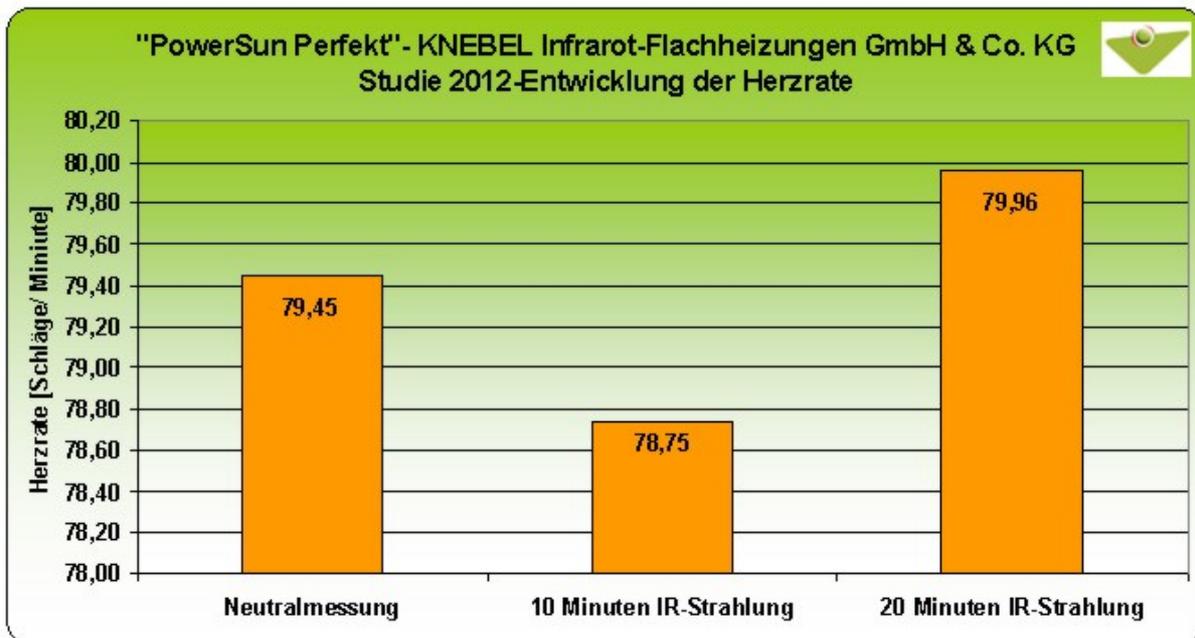
Die Ergebnisse dieser Studie wurden im Zeitraum einer nur kurzzeitigen Anwendung von Infrarot-Strahlungswärme protokolliert. Eine längere oder ständige Nutzung von IR-Heizgeräten der KNEBEL Infrarot-Flachheizungen GmbH & Co. KG lassen eine förderliche Wirkung auf die Ordnung des Herzrhythmus der Anwender erwarten.

Die Entwicklung der Herzrate der Probanden ist für beide untersuchten Heizelemente der KNEBEL Infrarot-Flachheizungen GmbH & Co. KG in den folgenden Grafiken dargestellt.



Die Grafik der Messwerte der Herzrate zeigt nach Aktivierung der „PowerSun Reflex“ 1200\*600\*10 einen Anstieg der Herzfrequenz der Probanden um etwa zwei Schläge/Minute. Der größere Anstieg fällt in die Periode 2 und wird damit bereits nach 10 Minuten infraroter Strahlung messbar.

Im Gegensatz dazu kommt es bei den Probanden mit höherer Herzschlagrate im Neutralzustand nach Aktivierung der Aktivierung der „PowerSun Perfekt“ 900\*600\*25 in der Periode 2 nach 10 Minuten IR-Wärmestrahlung zu einer kurzen Absenkung der Herzrate, die in Periode 3 jedoch den Mittelwert der Neutralmessung überragt.



#### 4.2.4. Messung des geförderten Blutvolumens

Mit der Fotoplethysmographie wurde ein unblutiges Verfahren zur optischen Erfassung der Blutmenge entwickelt, die das Gewebe durchströmt. Dabei strahlt ein Sensor infrarotes Licht in das darunter liegende Hautgewebe. Aus dem reflektierten Licht kann die geförderte Blutmenge im Gewebe im Verhältnis der Weite der Blutgefäße bestimmt werden. Im Allgemeinen ist hier, wie häufig bei psychophysiologischen Variablen, nur das Muster der Veränderungen von Interesse, nicht jedoch die Absolutwerte.

Die protokollierten Messwerte des geförderten Blutvolumenstroms repräsentieren daher die Durchblutung der Gefäße fiktiv in % zur maximalen Durchblutung. Bei Stresserhöhung werden durch den Sympathikus die Gefäße enger gestellt und so der Blutdruck gesteigert. Jede Verringerung des geförderten Blutvolumenstroms mindert die Versorgung der Zellen mit Nährstoffen und Sauerstoff. Daneben wird die Entsorgung von Giftstoffen durch das Gefäßsystem eingegrenzt.

<b>Mittlere Messwerte des geförderten Blutvolumenstroms</b>				
<b>Messobjekt: „PowerSun Reflex“ 1200*600*10</b>				
Perioden	<b>MIN</b> Fiktivwert [%]	<b>MAX</b> Fiktivwert [%]	<b>Mittelwert</b> Fiktivwert [%]	<b>SD</b> Fiktivwert [%]
P 1: Neutralmessung (Basiswerte)	<b>18,04</b>	<b>31,23</b>	<b>24,79</b>	<b>2,72</b>
P 2: 10 Minuten IR-Wärmestrahlung	<b>18,68</b>	<b>37,20</b>	<b>29,90</b>	<b>4,07</b>
P 3: 20 Minuten IR-Wärmestrahlung	<b>20,30</b>	<b>43,24</b>	<b>32,68</b>	<b>5,19</b>

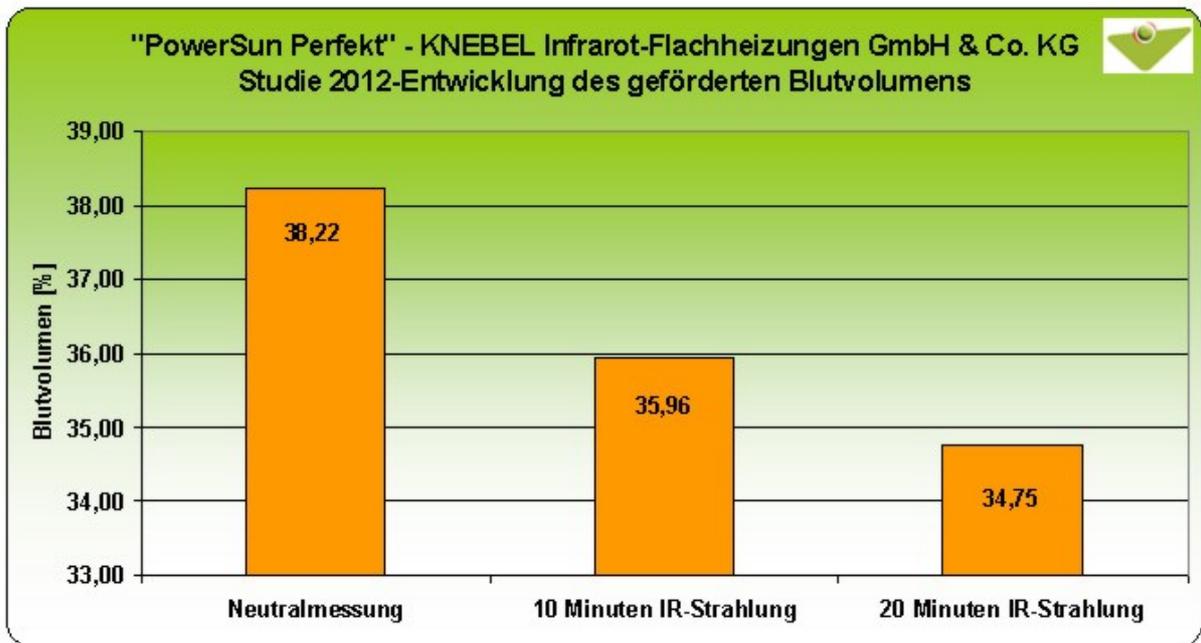
<b>Mittlere Messwerte des geförderten Blutvolumenstroms</b>				
<b>Messobjekt: „PowerSun Perfekt“ 900*600*25</b>				
Perioden	<b>MIN</b> Fiktivwert [%]	<b>MAX</b> Fiktivwert [%]	<b>Mittelwert</b> Fiktivwert [%]	<b>SD</b> Fiktivwert [%]
P 1: Neutralmessung (Basiswerte)	<b>25,33</b>	<b>46,42</b>	<b>38,22</b>	<b>4,55</b>
P 2: 10 Minuten IR-Wärmestrahlung	<b>23,65</b>	<b>45,02</b>	<b>35,96</b>	<b>4,86</b>
P 3: 20 Minuten IR-Wärmestrahlung	<b>22,39</b>	<b>45,98</b>	<b>34,75</b>	<b>5,27</b>

Im Vergleich zur Neutralmessung steigt der geförderte Blutvolumenstrom der Probanden mit Aktivierung des Heizelementes „**PowerSun Reflex**“ 1200\*600\*10 im Zeitraum des Messprotokolls um insgesamt 24 Prozent an. Dieser Wert ist als maßgeblich für die Wirkung der IR-Wärmestrahlung der geprüften Serien der Heizelemente der KNEBEL Infrarot-Flachheizungen GMBH & Co. KG zu betrachten. Bei dem Heizelement „PowerSun Perfekt“ 900\*600\*25 wird zwar in den Perioden des Messprotokolls eine leichte Minderung des geförderten Blutvolumens protokolliert, die jedoch von den Messwerten zweier Probanden mit hohem Blutvolumenniveau in der Neutralmessung stark beeinflusst wird.

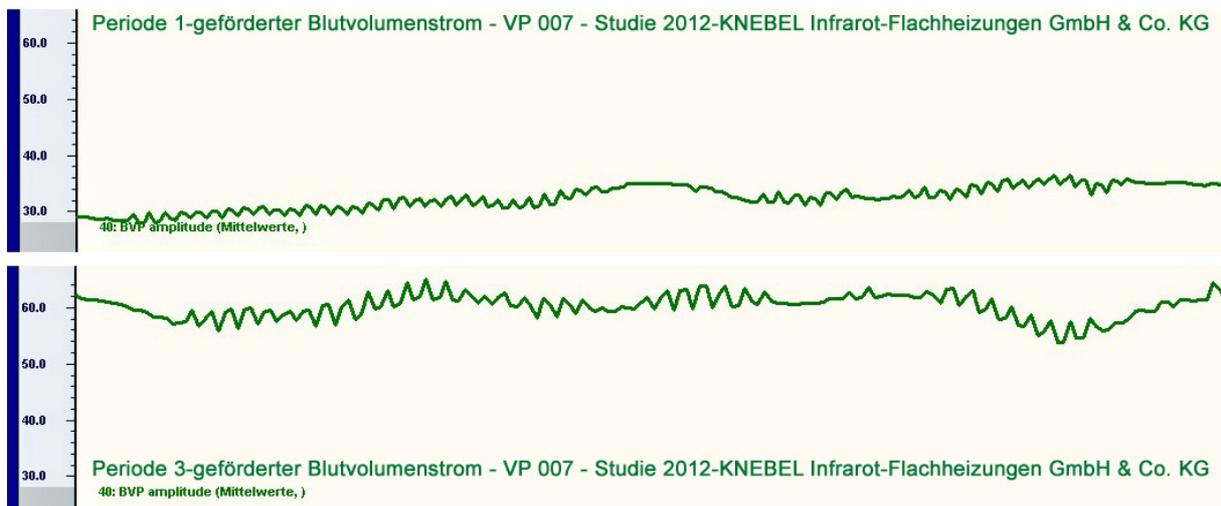
Der Anstieg der Standardabweichung der Messwerte spricht bei beiden Heizelementen für die eine angehobene Kontinuität des Blutvolumenstroms. Die Entwicklung des geförderten Blutvolumenstroms der Probanden dieser Studie ist für beide untersuchten Heizelemente der KNEBEL Infrarot-Flachheizungen GmbH in folgenden Grafiken dargestellt:



Bereits in Periode 2, nach 10 Minuten Infrarot-Wärmestrahlung wird eine Zunahme der geförderten Blutvolumenmenge aller Probanden protokolliert. Die Zunahme des Blutvolumenstroms hält bis zum Ende des Messprotokolls konstant an.



Die Verbesserung der Kontinuität und Menge des Blutvolumenstroms nach Aktivierung der IR-Wärmestrahlung der Heizelemente der KNEBEL Infrarot-Flachheizung GmbH & Co. KG ist am Beispiel des Probanden VP 007 in nachfolgender Grafik optisch noch einmal verdeutlicht. Der geförderte Blutvolumenstrom des Probanden VP 007 der Studie verdoppelt sich mit Aktivierung der IR-Strahlungswärme.



## 5. Parameter der Herzratenvariabilität (HRV)

Die Herzratenvariabilität beschreibt die Fähigkeit des Herzens, den zeitlichen Abstand von einem Herzschlag zum nächsten laufend (belastungsabhängig) zu verändern und sich so flexibel und rasant ständig wechselnden Herausforderungen anzupassen. Damit ist sie ein Maß für die allgemeine Anpassungsfähigkeit („Globalfitness“) eines Organismus an innere und äußere Reize. Menschen deren HRV eingeschränkt ist, entwickeln in einem deutlich höheren Prozentsatz über kurz oder lang gravierende Gesundheitsstörungen wie Herzkrankheiten, Depressionen, Neuropathien, Krebs. [Michael Mück-Weymann, [www.hrv24.de](http://www.hrv24.de)].

In der modernen physiologischen Forschung, insbesondere auch bei der Analyse von Herzrhythmusstörungen, hat die Untersuchung der Herzratenvariabilität (HRV) einen hohen Stellenwert erobert. Menschen bei denen die HRV stark eingeschränkt ist, erleben dies als „Stress“ und entwickeln zu einem deutlich höheren Prozentsatz Krankheiten.

**Eine ausreichend große HRV scheint dagegen ein Hinweis auf Gesundheit zu sein. Steigen die Anforderungen an den Organismus, so vermindert sich die HRV.**

Der funktionelle Informationsaustausch ist auf zellbiologischer Ebene nicht direkt messbar, wohl aber an Organsystemen, welche durch die vegetative Grundregulation beeinflusst werden. Die messbare Hauptgröße dieser Informationskette ist die Herzfrequenzvariabilität, als der wichtigste Parameter zur exakten Beurteilung von Vitalität, von Gesundheit und Wohlbefinden.

Signifikante Kriterien für die Bewertung der Entwicklung der Herzratenvariabilität (Globalfitness) sind:

- Die Veränderung der Anzahl an Herzschlagintervallen (Inter-Beat-Intervall) verschiedener Länge, die aufgrund der momentanen Belastung zur Aufrechterhaltung der vegetativen Balance des Organismus erforderlich sind.
- Die Veränderung der Aktivität (Power) von Komponenten des vegetativen Nervensystems [ $\text{ms}^2$ ]
- Die Veränderung der Anzahl von Paaren aufeinander folgender Herzschlagintervalle, die eine Differenz von mehr als 50 ms aufweisen sowie die Entwicklung des Arrhythmiemaßes (RMSSD).

Die Funktion des autogenen Nervensystems besteht darin, die Grundregulation des biologischen Systems an veränderte Belastungsparameter im Innen- und Außenbereich anzupassen. Die Variabilität der Herzfrequenz ist bei Funktionsstörungen und bereits bei Veränderung der Information der Umgebungsstrahlung der Ausdruck der Regulationsfähigkeit des Systems.

Gesundheit, Wohlbefinden und funktionale Vitalität stehen in einem untrennbaren Zusammenhang mit den Regulationsvorgängen und den Rhythmen des Lebens, die sich im Herzschlag widerspiegeln.

In der vorliegenden Untersuchung wurden in jeder Periode des Messprotokolls die Veränderungen der Parameter der Herzratenvariabilität erfasst. Die Mittelwerte für alle Parameter sind, getrennt nach den beiden Untersuchungsobjekten, in den folgenden Tabellen zusammengestellt.

## 5.1. Messwerte der Herzratenvariabilität

### 5.1.1. Messwerte der HRV für Heizelement „PowerSun Reflex“ 1200\*600\*10

Messwerte der Parameter der Herzratenvariabilität - Teil 1 – Herzrhythmus Studie 2012 – KNEBEL Infrarot-Flachheizungen GmbH & Co. KG Messobjekt: „PowerSun Reflex“ 1200*600*10				
Perioden	NN Min [ms]	NN Max [ms]	NN MW [ms]	Spannweite Herzschlag- intervalle [ms]
P 1: Neutralmessung (Basiswerte)	675	951	802	276
P 2: 10 Minuten IR-Wärmestrahlung	675	914	777	239
P 3: 20 Minuten IR-Wärmestrahlung	668	875	777	207

Messwerte der Parameter der Herzratenvariabilität - Teil 2 – Nervenaktivität Studie 2012 – KNEBEL Infrarot-Flachheizungen GmbH & Co. KG Messobjekt: „PowerSun Reflex“ 1200*600*10				
Perioden	RMSSD [ms]	nn50 Anzahl]	Totalpower [ms <sup>2</sup> ]	Aktivität Sympathikus [ms <sup>2</sup> ]
P 1: Neutralmessung (Basiswerte)	40,3	21	2.705	1.070
P 2: 10 Minuten IR-Wärmestrahlung	31,7	11	1897	961
P 3: 20 Minuten IR-Wärmestrahlung	28,66	8	1.324	465

### 5.1.2. Messwerte der HRV für Heizelement „PowerSun Perfekt“ 900\*600\*25

Messwerte der Parameter der Herzratenvariabilität - Teil 1 – Herzrhythmus Studie 2012 – KNEBEL Infrarot-Flachheizungen GmbH & Co. KG Messobjekt: „PowerSun Perfekt“ 900*600*25				
Perioden	NN min [ms]	NN max [ms]	NN MW [ms]	Spannweite Herzschlag- intervalle [ms]
P 1: Neutralmessung (Basiswerte)	668	876	763	208
P 2: 10 Minuten IR-Wärmestrahlung	701	861	769	159
P 3: 20 Minuten IR-Wärmestrahlung	689	832	759	143

Messwerte der Parameter der Herzratenvariabilität - Teil 2 – Nervenaktivität Studie 2012 – KNEBEL Infrarot-Flachheizungen GmbH & Co. KG Messobjekt: „PowerSun Perfekt“ 900*600*25				
Perioden	RMSSD [ms]	nn50 Anzahl]	Totalpower [ms <sup>2</sup> ]	Aktivität Sympathikus [ms <sup>2</sup> ]
P 1: Neutralmessung (Basiswerte)	23,9	7	1.178	586
P 2: 10 Minuten IR-Wärmestrahlung	20,3	3	988	404
P 3: 20 Minuten IR-Wärmestrahlung	18,69	2	495	242

## 5.2. Analyse und grafische Darstellung der Messwerte der Parameter der Herzratenvariabilität

### 5.2.1. Veränderung der Spannweite unterschiedlicher Herzschlaglängen

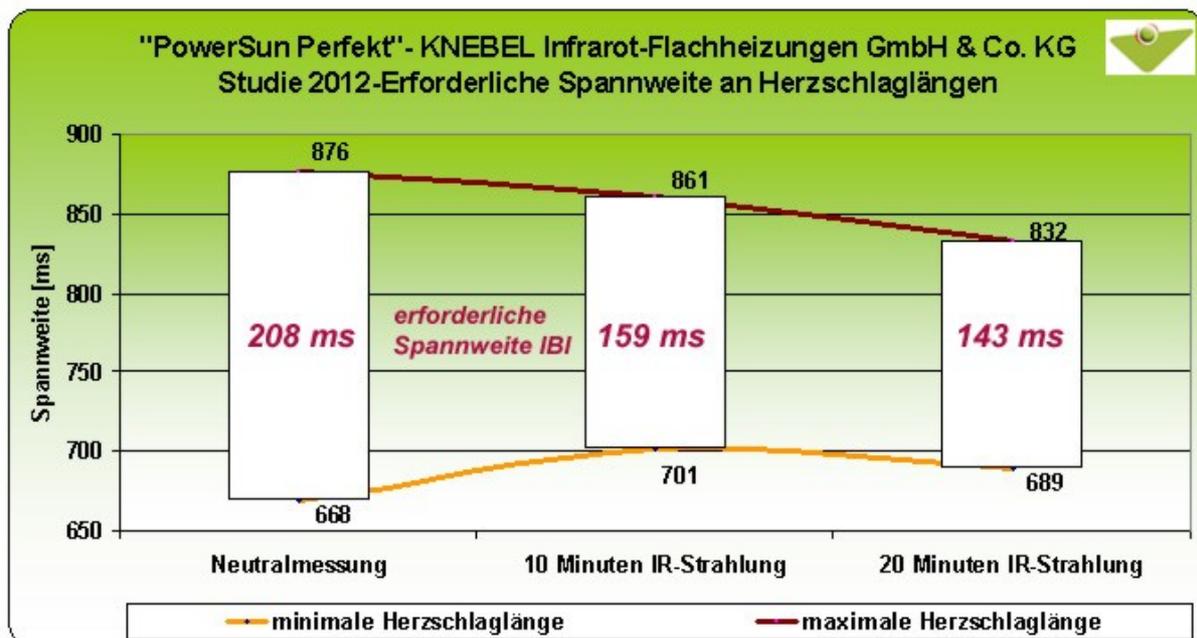
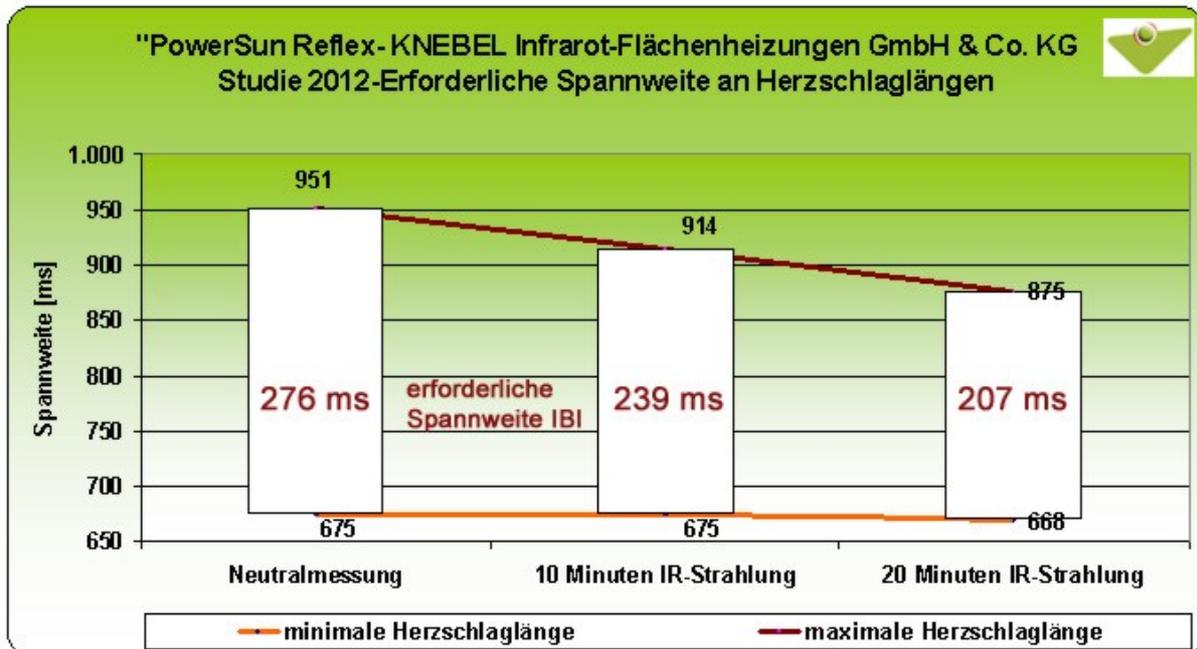
Als IBI (Inter-Beat-Intervall) bezeichnet man das Zeitintervall zwischen 2 aufeinander folgenden Herzschlägen, es wird in Millisekunden [ms] gemessen. Jede Veränderung im Strahlenklima des Umfeldes erzeugt eine Reaktion des vegetativen Nervensystems und löst einen Impuls an den Sinusknoten aus, der die erforderliche Länge des nächsten Herzschlagintervalls justiert. Das biologische System wird durch diese „Herzintelligenz“ in jedem Augenblick auf veränderte Parameter im Innen- und Außenbereich eingestellt. Die medizinische Forschung geht davon aus, dass der optimale Verlauf der Herzschlagintervalle im Histogramm einer Normalverteilung unterliegen soll.

Ein Anstieg der inneren und/oder äußeren Belastung erfordert somit als Reaktion eine größere Spannweite an Herzschlagintervallen. Umgekehrt ist bei einer Förderung des Gleichgewichts des Biofeldes des Organismus eine Verringerung des Aufwandes des Herz-Kreislauf-Systems zu erwarten. Für diese Betrachtung wurde jeweils die Veränderung der minimalen und maximalen Längen der Herzschlagintervalle der Probanden in den jeweiligen Perioden des Messprotokolls herangezogen.

Als Messwerte werden für die Analyse von Herzschlagintervallen unterschiedlicher Längen von der Systemsoftware folgende Parameter bereitgestellt:

Parameter	Beschreibung
NN Min	den kleinsten Zwischenschlagintervall (IBI in ms)
NN Max	den größten Zwischenschlagintervall (IBI in ms)
NN MW	den durchschnittlichen IBI
SDNN	die Standardabweichung
RMSSD =“Arrhythmiemaß“	Quadratwurzel des quadratischen Mittelwertes der Summe aller Differenzen zwischen benachbarten NN-Intervallen

In den folgenden Grafiken sind die in allen Perioden des Messprotokolls jeweils erforderlichen Spannweiten an Herzschlagintervallen für die zu untersuchenden Heizelemente der KNEBEL Infrarot-Flachheizungen GmbH und Co. KG dargestellt.

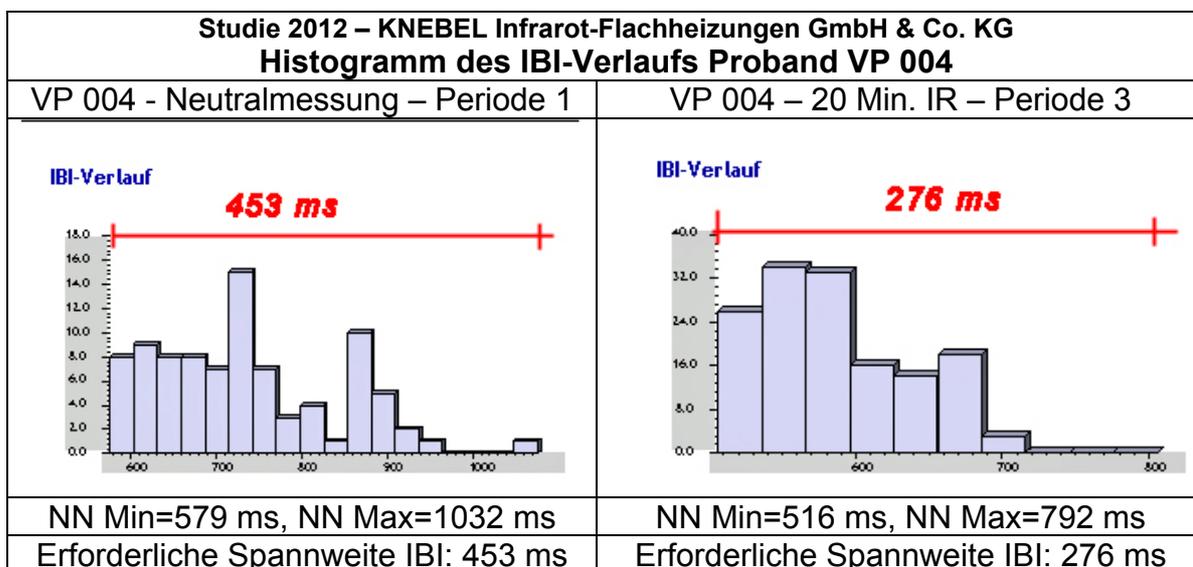


Die protokollierten Messwerte der Probanden bestätigen überzeugend, dass die IR-Wärmestrahlung beider untersuchten Heizelemente bereits in einem kurzen Zeitraum der Anwendung den erforderlichen Aufwand des Herz-Kreislaufsystems verringern kann und somit förderlich für das Gleichgewicht des Biofeldes wirken. Der Regulationsaufwand des Organismus vermindert sich mit der Anwendung der Infrarot-Wärmestrahlung bei den Probanden des Heizelementes „PowerSun Reflex“ um 25 % und bei den Probanden des Heizelementes „PowerSun Perfekt“ sogar um 31,3 % im Vergleich zum Ausgangsniveau der Neutralmessung. Damit bestätigt sich auch die Hypothese der Wirkung der IR-Wärmestrahlung als „biologisches Fenster“.

Im Allgemeinen ist in der physiologischen Forschung noch die Ansicht vertreten, dass größere Schwankungen und eine breitere Spannweite an Herzschlagintervallen für eine höhere vegetative Regulationsfähigkeit des Organismus und damit für eine stärkere Lebensenergie sprechen. Angelehnt an die HRV-Literatur vertreten Wissenschaftler die Ansicht, dass eine größere Variabilität der Herzfrequenz, d. h. ein in „gewissem Rahmen chaotischerer Herzrhythmus“ für einen gesünderen und vitaleren Momentanzustand spricht, während ein auffallend „getakteter“ Herzschlag auf einen eher pathologischen Zustand hindeutet [David Dapra, 2003].

Die Ergebnisse dieser Studie widersprechen der Logik einer solchen Annahme. Die Steuerung der Grundregulation über die „Herzintelligenz“ ist ein Prozess, der ständig in Korrelation zur momentanen Belastung des Organismus steht.

Am konkreten Beispiel ist nachfolgend das IBI-Histogramm des Probanden VP 004 zum Zeitpunkt der Neutralmessung und in Periode 3 des Messprotokolls nach 20 Minuten Aktivierung der IR-Heizelemente der KNEBEL Infrarot-Flachheizungen GmbH & Co. KG dargestellt:



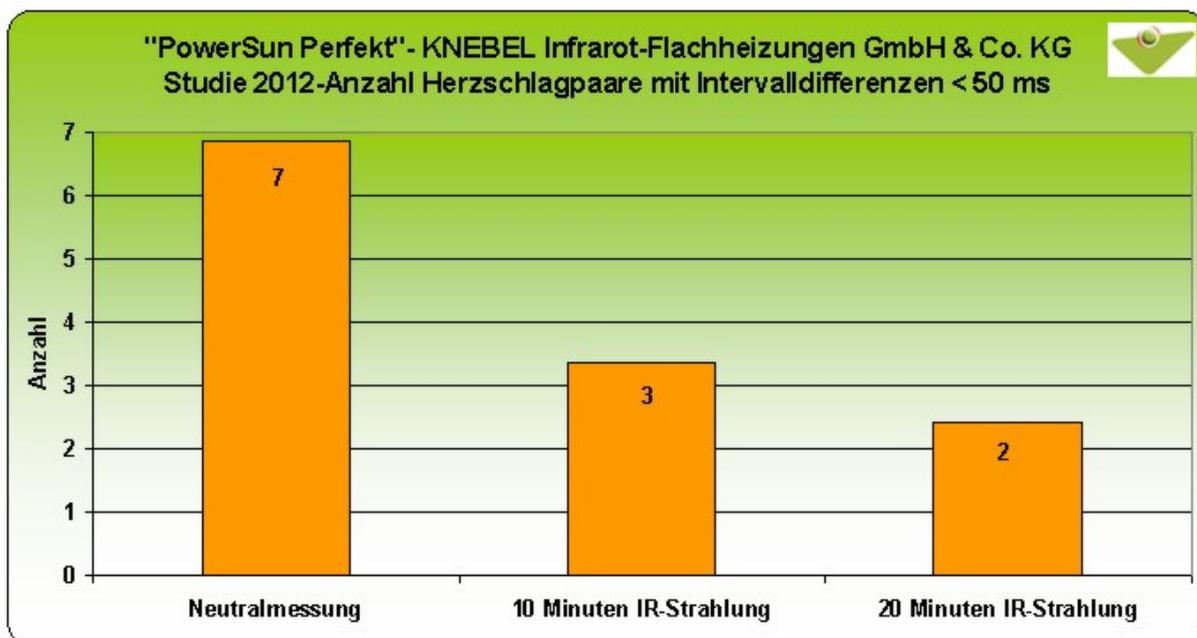
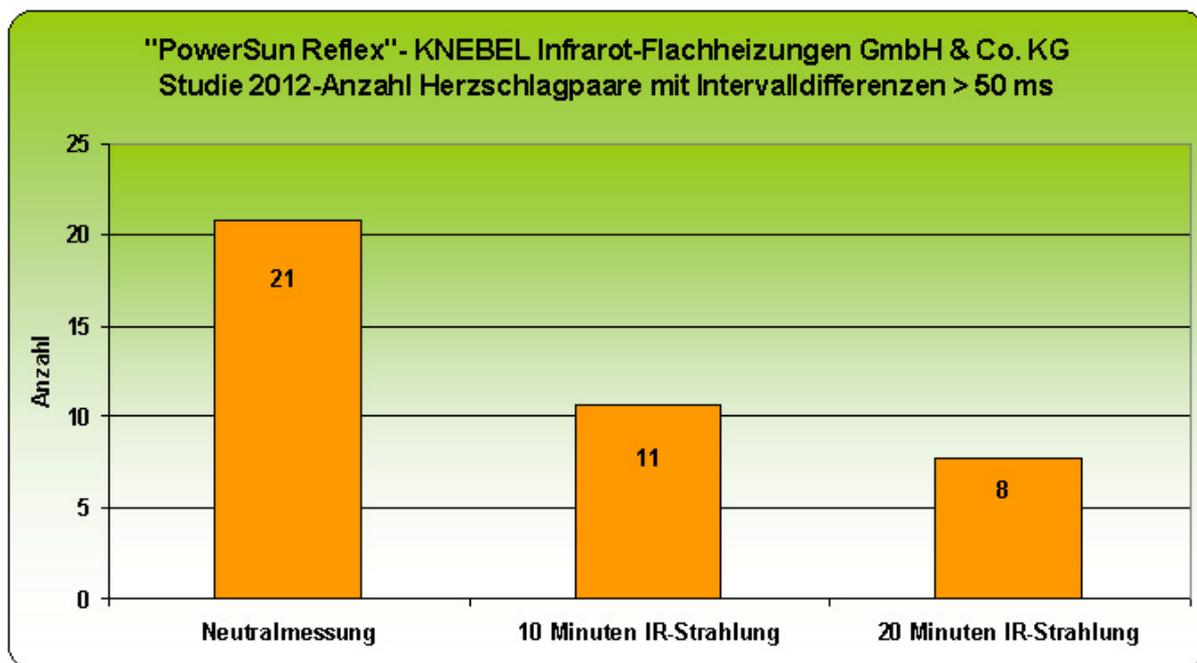
Dieses Beispiel zeigt optisch deutlich, dass sich die IR-Wärmestrahlung der Heizelemente der KNEBEL Infrarot-Flachheizung GmbH & Co. KG sich förderlich auf die Ordnung des Herzfrequenz auswirken kann.

### 5.2.2. Veränderung der Anzahl nebeneinander liegender Paare von Herzschlägen mit einer Intervalldifferenz > 50 ms (Paare nn50)

Das Maß der Herzfrequenzvariabilität wird bei verschiedenen Parametern in der Zeitbereichsanalyse über das Streuungsverhalten der Herzschläge um den Mittelwert bewertet. Von besonderem Interesse sind die Abstände zwischen zwei aufeinander folgenden NN-Intervallen. Größere Intervallsprünge zwischen zwei angrenzenden Herzschlägen können zum Ausgleich der vegetativen Balance bei Stressbelastung erforderlich werden. Die Häufigkeit des Auftretens korreliert mit der Zunahme der äußeren/ inneren Belastung. Eine große Anzahl von Herzschlagpaaren größerer Intervalldifferenzen kann ein Hinweis auf belastungsbedingte Störungen des zeitlichen Grundrhythmus des Organismus sein.

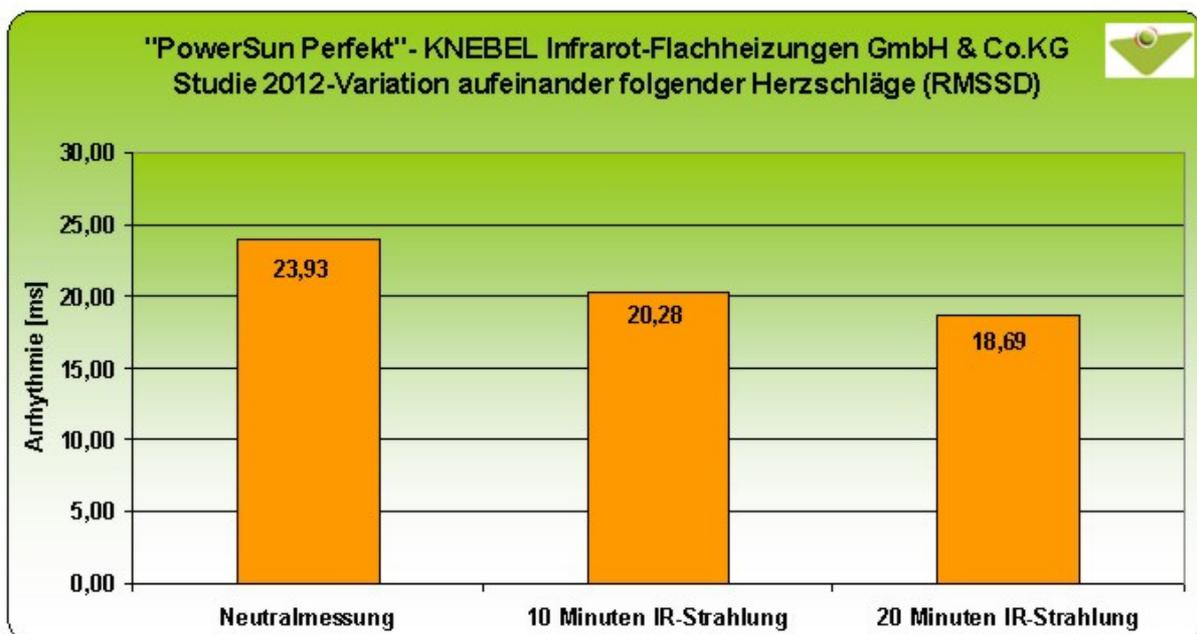
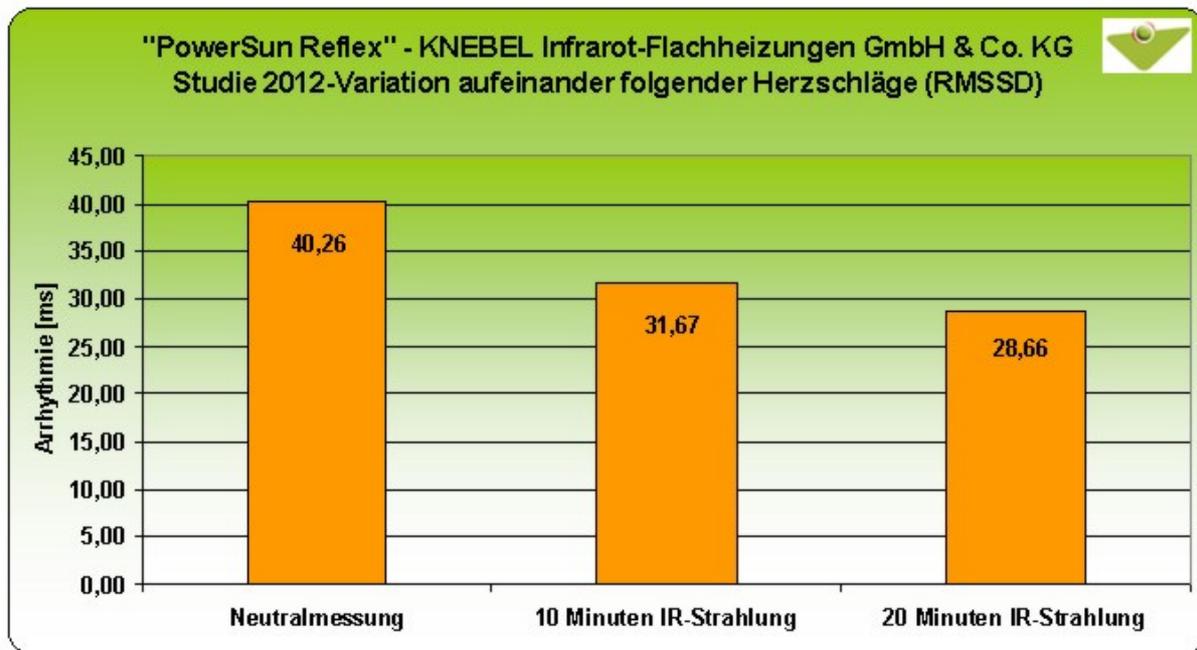
Die Anzahl der Herzschlagpaare nn50 kann sich bei den Probanden dieser Studie im Zeitraum mit Anwendung der „PowerSun Reflex“ 1200\*600\*10 um 61,9 Prozent mindern. Mit der IR-Wärmestrahlung der PowerSun Perfekt“ reduziert sich die Anzahl der Herzschlagpaare nn50 sogar um 71,4 Prozent im Zeitraum des Messprotokolls. Dieses Ergebnis bestätigt erneut die förderliche Wirkung der IR-Wärmestrahlung der Heizelemente der KNEBEL Infrarot-Flachheizungen GmbH & Co. KG auf das Biofeld des menschlichen Organismus.

In den folgenden Grafiken ist die Anzahl Herzschlagpaare nn50 in allen Perioden des Messprotokolls für die zu untersuchenden Heizelemente der KNEBEL Infrarot-Flachheizungen GmbH und Co. KG dargestellt.



### 5.2.3. Entwicklung des Arrhythmiemaßes (RMSSD)

Das Arrhythmiemaß drückt vereinfacht aus, wie stark sich die Herzfrequenz von einem Herzschlag zum nächsten ändert. Er liefert damit eine Aussage über die Variation aufeinander folgender Herzschlagintervalle. Mathematisch entspricht der RMSSD der Quadratwurzel aller quadrierten Differenzen aufeinander folgender RR-Intervalle.



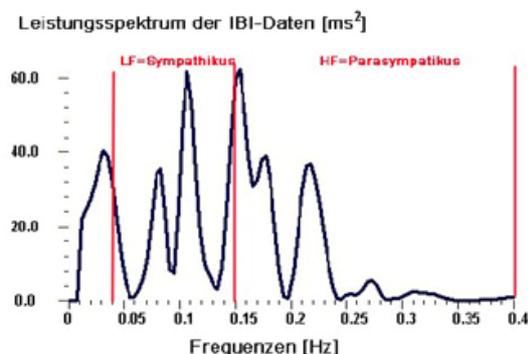
Die Ordnung des Herzrhythmus der Probanden erhöht sich konstant bereits im relativ kurzen Zeitraum der aktiven Infrarot-Wärmestrahlung in dieser Studie und zwar um 28,8 Prozent bei dem Heizelement „PowerSun Reflex“ 1200\*600\*10 und 21,4 Prozent bei dem Heizelement „PowerSun Perfekt“ 900\*600\*25. Dabei ist zu berücksichtigen, dass das Ausgangsniveau der Anzahl an Herzschlagpaaren  $n=50$

zum Zeitpunkt der Neutralmessung bei den Probanden der „PowerSun Reflex“ 1200\*600\*10 deutlich höher liegt.

An den Ergebnissen der Untersuchung bestätigt sich die verbale Aussage der Probanden, dass die IR-Wärmestrahlung im Untersuchungszeitraum als angenehm empfunden wird. Die beträchtliche Minderung des Arrhythmiemaßes (RMSSD) der Probanden im Protokollzeitraum bestätigt die förderliche Wirkung, der von den Heizgeräten der KNEBEL Infrarot-Flachheizung GmbH & Co. KG ausgehenden Wärmestrahlung auf das Biofeld der Probanden dieser Studie.

#### 5.2.4. Entwicklung der Leistung des vegetativen Nervensystems

Zur Bestimmung der vegetativen Einstellung wird in den letzten Jahrzehnten auch die Spektralanalyse herangezogen. Die Abfolge der IBI-Daten werden dazu mit Hilfe der Fouriertransformation vom Zeitbereich in den Frequenzbereich übertragen und als Leistungsspektrum dargestellt.



Die Gesamtleistung des vegetativen Nervensystems bewegt sich im Frequenzspektrum von 0,033 bis 0,4 Hertz und wird nach heutigem Kenntnisstand in drei Bereiche unterteilt:

- VLF-Power „Very Low Frequencies“ - (0,0033 – 0,04 Hz);
- LF-Power „Low Frequencies“ - (0,04 – 0,15 Hz) =Aktivität des Sympathikus;
- HF-Power „High Frequencies“ - (0,15 – 0,4 Hz) Aktivität des Parasympathikus.

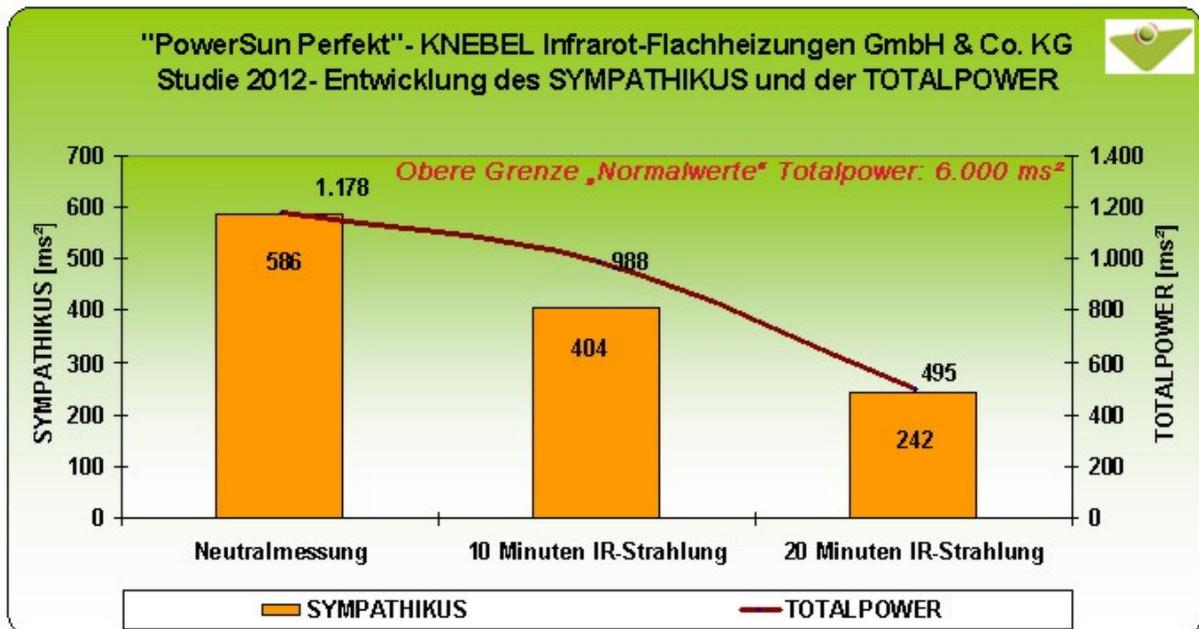
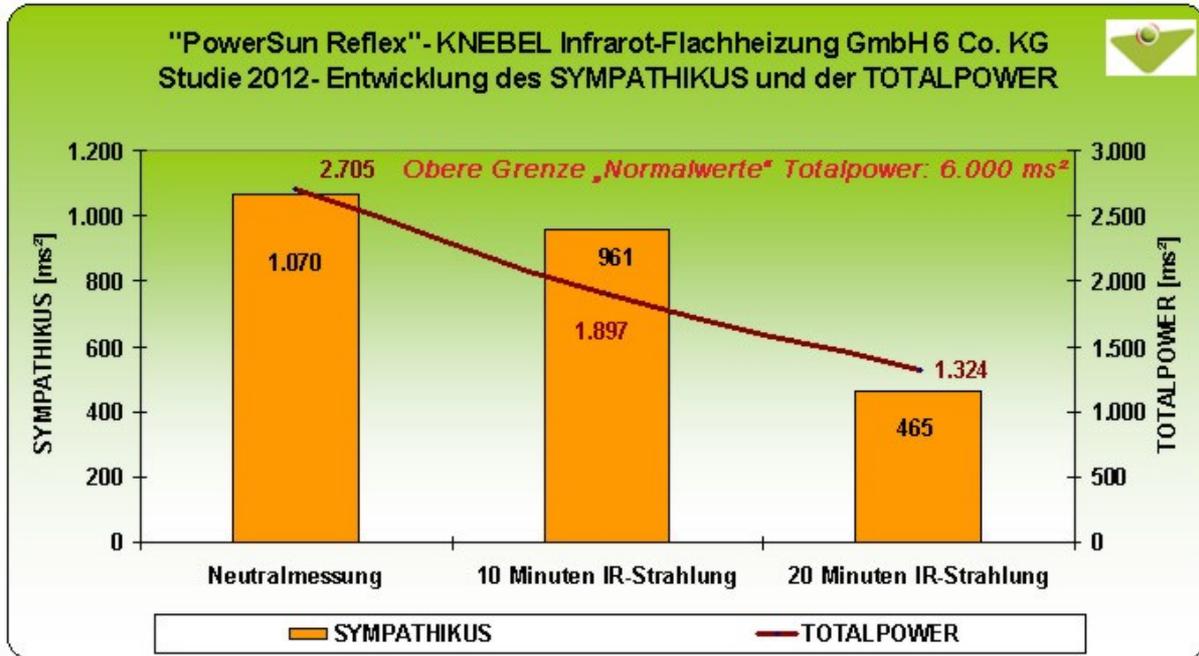
VLF+LF + HF = Totalpower (Gesamtaktivität (= Reiz) des Nervensystems).

Die Frequenzen werden in der Einheit „Hertz“ berechnet, wobei „1 Hertz“ einer Schwingung pro Sekunde entspricht.

Die Hochfrequenzkomponente (HF) ist synchron mit der Atmung, und wird daher als parasympathisch vermittelt betrachtet. Die Niedrigfrequenzkomponente (LF) wird überwiegend durch sympathische Mechanismen übermittelt.

Die Summe der Leistung der einzelnen Komponenten (VLF, LF und HF) des vegetativen Nervensystems stellt als Totalpower [ $\text{ms}^2$ ] die Leistung dar, die erforderlich ist, um die Balance des Organismus infolge der momentanen inneren und äußeren Belastung aufrecht zu erhalten. Die Totalpower steht für die Gesamtvariabilität und gilt als das Maß für den Einfluss des Vegetativums auf das Herz-Kreislauf-System. Die Grenze der „Normalwerte“ der Totalpower des vegetativen Nervensystems wird mit  $6.000 \text{ ms}^2$  (Millisekunden zum Quadrat) angegeben.

Die mittlere Gesamtaktivität des Nervensystems der in diese Studie einbezogenen Probanden liegt selbst im Zeitraum der Neutralmessung innerhalb der postulierten „Normalwerte“. Im relativ kurzen Zeitraum der Wirkung der IR-Wärmestrahlung mindert sich die Nervenaktivität der Probanden bei beiden Heizelementen der Untersuchung recht prägnant.



Im Vergleich zur Neutralmessung kann sich die Nervenaktivität der Probanden dieser Studie im Zeitraum der IR-Wärmestrahlung bei beiden untersuchten Heizelementen mehr als halbieren. Die spontane Minderung der Nervenaktivität spricht ebenfalls für eine hohe physikalische Ordnung der Wärmestrahlung der IR-Heizgeräte der KNEBEL Infrarot-Flachheizungen GmbH & Co. KG, die den infraroten Anteilen der natürlichen Sonnenstrahlung vermutlich sehr nahe kommt.

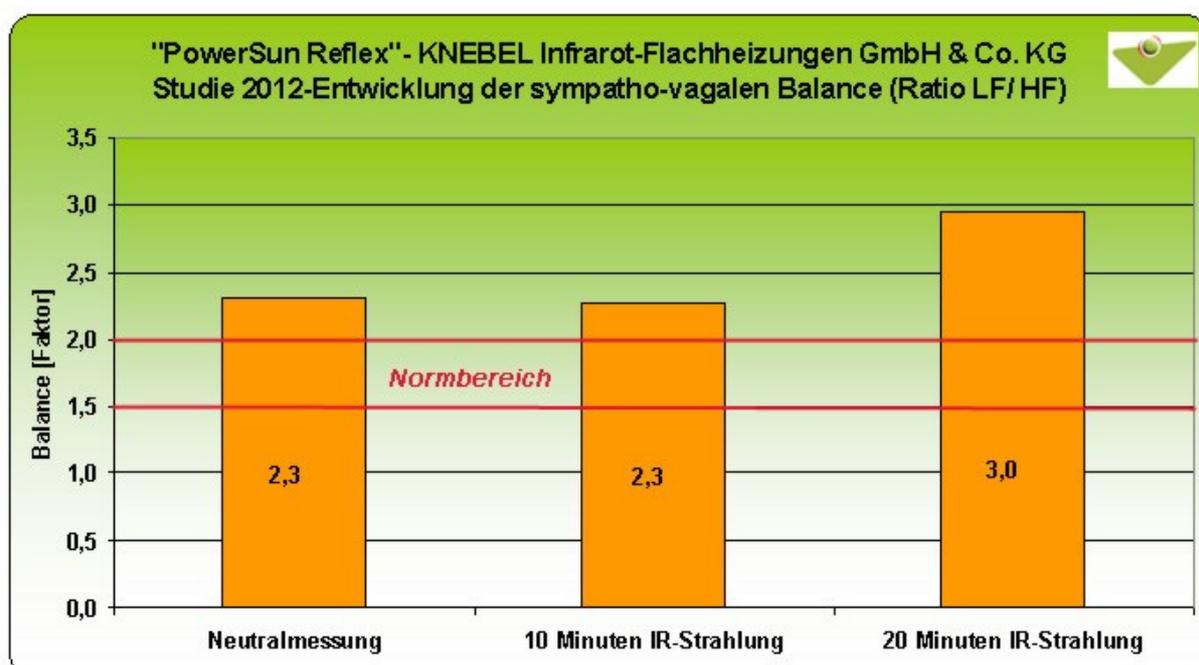
**Die von den Heizgeräten der KNEBEL Infrarot-Flachheizungen GmbH & Co. KG ausgehende IR-Wärmestrahlung erhöht die biologische Qualität des Umfeldes. Das spiegelt sich in dieser Studie bereits in einem relativ kurzen Anwendungszeitraum markant in der Reduzierung der Nervenaktivität der Probanden wider.**

Dieses Ergebnis ist in der heutigen Zeit besonders interessant, denn man geht allgemein davon aus, dass mit zunehmendem Alter und besonders bei Dauerstress sich die Anpassungsfähigkeit des Organismus verringert. Praxistests zeigen zudem, dass die physiologische Belastung von Kindern und Jugendlichen heute deutlich über dem Stresslevel von Erwachsenen liegt. Diese Minderung der Nervenaktivität in dieser Studie lässt darauf schließen, dass die IR-Wärmestrahlung einen Beitrag zur Verringerung von hoher Nervenaktivität (Hyperaktivität) als Folge zunehmender Umweltbelastung leisten kann.

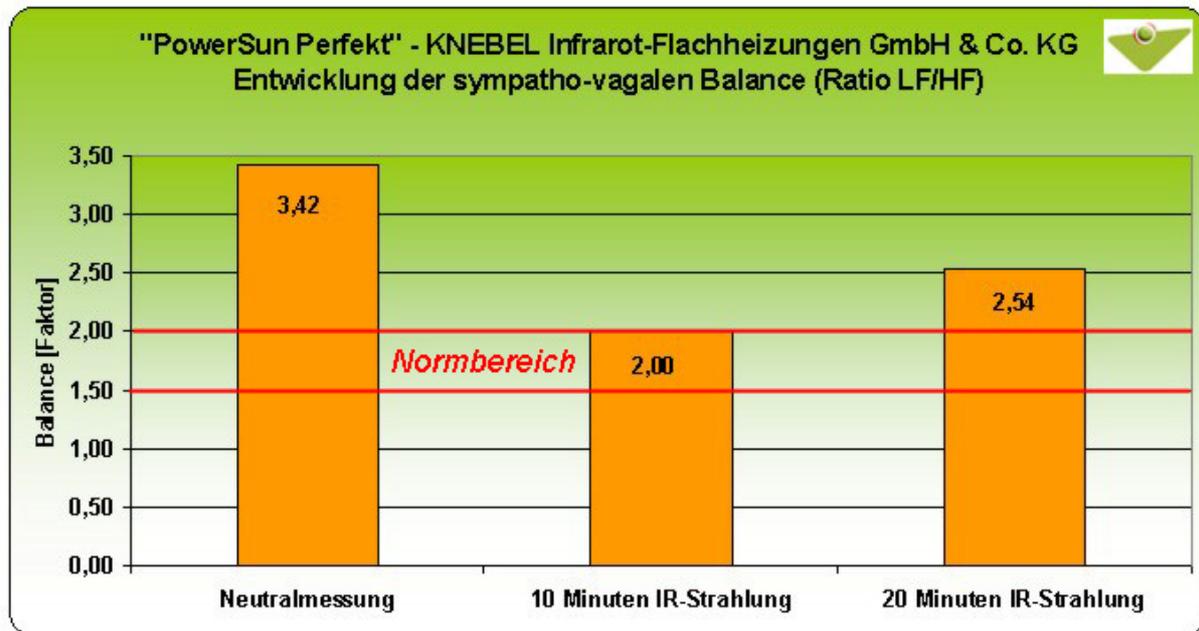
Diese Aussage wird bestätigt durch die prägnante Reduzierung der sympathischen Nervenaktivität in den Perioden des Messprotokolls bei beiden Heizelementen, welche in den obigen Grafiken ebenfalls dargestellt ist. Die sympathische Nervenaktivität, die gewöhnlich in Stress- und Gefahrensituationen zunimmt, kann sich im Protokollzeitraum dieser Studie mit Aktivierung der IR-Wärmestrahlung der Heizelemente der KNEBEL Infrarot-Flachheizungen GmbH & Co. KG ebenfalls mehr als halbieren.

### 5.2.5. Entwicklung der sympathischen Aktivität des vegetativen Nervensystems

Das Verhältnis der Leistung von Sympathikus und Parasympathikus ist ein anerkannter Parameter zur Beschreibung des sympatho-vagalen Gleichgewichts. Die Ratio LF/ HF, das Verhältnis zwischen sympathischer und parasympathischer Aktivität, soll „in der Norm“ zwischen 1,5 bis 2,0 liegen. Höhere Werte bedeuten, dass das sympathische (also das aktivierende) Nervensystem übermäßig tätig ist. Eine Verminderung des Quotienten wird mit einer Verschiebung in Richtung vagaler Dominanz bzw. verminderter sympathischer Aktivität assoziiert.



Bei der Untersuchung des Heizelementes „PowerSun Reflex“ 1200\*600\*10 verschiebt sich in Periode 3 die sympatho-vagale Balance leicht in Richtung der sympathischen Aktivität. Eine optimale Balance stellt sich bei den Probanden im Zeitraum des Messprotokolls noch nicht ein.



Bei der Aktivierung des Heizelements „PowerSun Perfekt“ 900\*600\*25 ist der deutliche Trend zum Ausgleich der sympatho-vagalen Balance zu beobachten. Das zum Zeitpunkt der Neutalmessung überwiegend aktive sympathische Nervensystem ist in Periode 2 bis in den „Normbereich“ hin rückläufig.

## 6. Diskussion

**Die Gesamtheit der Ergebnisse der Auswertung der technischen und biophysikalischen Untersuchungen der vorliegenden Studie bildet die Grundlage für folgende allgemeine Schlussfolgerung: Die Anwendung der IR-Wärmestrahlung der Heizelemente der KNEBEL Infrarot-Flachheizungen GmbH und Co. KG kann durch die Anhebung der biologischen Qualität im Wohnumfeld zur Aufrechterhaltung des Gleichgewichts des Biofeldes des menschlichen Organismus beitragen. Aufgrund der im Folgenden aufgeführten Einzelergebnisse ist die Anwendung der Infrarot-Heizelemente der untersuchten Serien der KNEBEL Infrarot-Flachheizungen GmbH und Co. KG zu empfehlen:**

1. Die technische Begutachtung in dieser Studie konnte bestätigen, dass die Feldbelastung der untersuchten IR-Heizgeräte der KNEBEL Infrarot-Flachheizungen GmbH & Co. KG bei aktiver Heizleistung deutlich unter der Grenzwertempfehlung der 26. Bundesimmissions-Schutz-Verordnung liegt. Bezüglich der empfohlenen baubiologischen Richtwerte sollte vorsorglich ein Mindestabstand von 1,00 m zu Schlafplätzen eingehalten werden.
2. Die Oberflächentemperaturen der IR-Heizelemente der Serie „PowerSun Reflex“ erreichen bis 111 Grad Celsius und sollten als Gefahrenquellen im Wohnraum beachtet werden. Die Serie „PowerSun Perfekt“ erreicht mit nur 500 Watt Leistung ebenfalls Oberflächentemperaturen von 95 bis 101 Grad Celsius, die

Abgabe der IR-Strahlungswärme ist auffallend gleichmäßig über die gesamte Heizfläche verteilt. Die abgestrahlte IR-Wärmemenge im infraroten Spektrum beträgt beim Heizelement „PowerSun Reflex“ 1200\*600\*10 mittig etwa 150 W/m<sup>2</sup>, beim Heizelement „PowerSun Perfekt“ 900\*600\*25 wird über die gesamte Heizfläche eine Strahlung im infraroten Spektrum von  $\approx 115$  W/m<sup>2</sup> abgegeben.

3. Die stärkere Temperierung der Hüllflächen des Raumes hat sich mit der Aktivierung beider IR-Heizelemente bestätigt. Die Raumluft als ein schlechter Wärmeträger wird nur geringfügig aufgeheizt.
4. Die Probanden der Studie empfinden die Strahlungswärme der IR-Heizelemente im Versuchszeitraum durchweg nach eigenen Aussagen als angenehm. Die Hauttemperatur der Probanden erhöht sich um ca. 2 bis 2,5 Grad Celsius unmittelbar mit Aktivierung der IR- Heizelemente innerhalb eines kurzen Zeitraums auf die Wohlfühltemperatur. Die Kontinuität des Festkerns der Körperwärme ist durch die IR-Wärmestrahlung ansteigend.
5. Die Ordnung des Herzrhythmus der Probanden verbessert sich im Zeitraum der aktiven Wärmestrahlung des Messprotokolls in dieser Studie um etwa 25 Prozent bei einem gleichzeitigen Anstieg des geförderten Blutvolumenstroms von annähernd 24 Prozent. Die Kontinuität des geförderten Blutvolumenstroms ist gleichfalls mit der Aktivierung der IR-Wärmestrahlung konstant ansteigend.
6. Insbesondere lässt sich die förderliche Wirkung der IR-Wärmestrahlung der IR-Heizelemente der KNEBEL Infrarot-Flachheizungen GmbH und Co. KG auf das Biofeld der Probanden an der Entwicklung von den Parametern der Herzratenvariabilität (HRV) ableiten, die insbesondere für das Empfinden von Wohlfühl und Vitalität stehen. So kann sich mit Aktivierung der untersuchten Heizelemente die erforderliche Spannweite unterschiedlicher Herzschlagintervalle der Probanden um 31,5 Prozent mindern. Der Regulationsaufwand des Organismus und der Aufwand des Herz-Kreislaufsystems der Probanden können sich im Zeitraum der Aktivierung der IR-Wärmestrahlung deutlich reduzieren. Damit bestätigt sich auch die Hypothese der Wirkung der IR-Strahlung als „biologisches Fenster“.
7. In dem kurzen Zeitraum der Aktivierung der IR-Heizelemente der KNEBEL Infrarot-Flachheizungen GmbH & Co- KG führt die IR-Wärmestrahlung zum Anstieg der Ordnung des Herzrhythmus, indem die Anzahl benachbarter Herzschlagpaare mit großem Intervallabstand um bis zu 71,4 Prozent gemindert wird.
8. Das Arrhythmiemaß der Probanden, welches die erforderliche Veränderung der Herzfrequenz von einem Herzschlag zum anderen ausdrückt, kann sich im relativ kurzen Protokollzeitraum der aktiven IR-Wärmestrahlung um bis zu 28,8 Prozent reduzieren.
9. Besonders deutlich wird die biologische Wirkung der IR-Wärmestrahlung der Heizelemente der KNEBEL Infrarot-Flachheizungen GmbH & Co. KG in der Reduzierung der Nervenaktivität der Probanden wirksam. Der „Reiz“ des vegetativen Nervensystems der Probanden kann sich in dieser Studie mehr als halbieren, wobei der Anteil sympathischer Aktivität davon in gleicher Weise betroffen ist. Dieses Ergebnis lässt darauf schließen, dass die IR-Wärmestrahlung einen Beitrag zur Verringerung hoher Nervenaktivität als Folge zunehmender Umweltbelastung leisten kann. Die sympatho-vagale Balance verschiebt sich in dieser Studie in Richtung des „Normbereiches“.
10. Alle Ergebnisse der Studie wurden unter den Bedingungen einer Anwendungszeit der untersuchten Heizelemente der KNEBEL Infrarot-Flachheizungen GmbH & Co. KG in einem Messprotokollzeitraum von nur 20 Minuten gewonnen. Man

kann vermuten, dass unter den Bedingungen einer längeren bzw. ständigen Anwendung der Heizelemente der KNEBEL Infrarot-Flachheizungen GmbH & Co. KG sich die Effektivität der Anwendung der Strahlungswärme im infraroten Spektrum auf die Aufrechterhaltung des menschlichen Biofeldes und die Ordnung rhythmischer Prozesse der Grundregulation in einzelnen Parametern noch weitaus deutlicher festigen kann.

**Aufgrund der Ergebnisse der technischen und biophysikalischen Untersuchung dieser Studie ist die Anwendung der Heizelemente der KNEBEL Infrarot-Flachheizungen GmbH & Co. KG zur Anhebung der biologischen Qualität des Umfeldes zu empfehlen. Die Ergebnisse dieser Studie haben deutlich aufgezeigt, dass die von den Heizgeräten der KNEBEL Infrarot-Flachheizungen GmbH & Co. KG ausgehende IR-Wärmestrahlung zum Anstieg von Vitalität und Wohlbefinden der Anwender beiträgt.**

**Die Anforderungen für die Verleihung des Gütesiegels des Instituts für Biofeedback & Stressforschung sind damit erfüllt.**

Schleusingen, den 10.01.2013



Institut für Biofeedback &  
Stressforschung

Paul Sommer  
Dipl.- Ing.

## 7. Literaturverzeichnis

Fischer, Konrad (2007) Die überzeugenden Eigenschaften der Strahlungswärme, raum&zeit 145/2007

Meier, Prof. Dr.-Ing habil. Claus Dieter (2007) Die Wärmeleistung der Strahlungsheiztechnik, raum&zeit 145/2007

Meier, Prof. Dr.-Ing habil. Claus Dieter (2006) Heizen wie die Sonne. raum&zeit 144/2006

Hutter, H.-P., Moshhammer, H., Wallner, P., Tappler, P., Twrdik, F., Ganglberger, G., Geissler, S., Wenisch, A. Auswirkungen energiesparender Maßnahmen im Wohnungsbau auf die Innenluftqualität und Gesundheit. Link: [http://www.innenramanalytik.at/pdfs/innenraumlft\\_u\\_gesundheit.pdf](http://www.innenramanalytik.at/pdfs/innenraumlft_u_gesundheit.pdf).

Braubach, M., Jacobs, E.J., Ormndy, D.:(2011): „Environmental burden of disease associated with inadequate housing“ – Summary report-, WHO Regional Office for Europe.

Kram, B: (2009), Vergleichende Studie zum natürlichen Luftwechsel in Innenräumen vor und nach einer thermischen Sanierung (Uni Krems, Master-Thesis). Link:<http://www.kram.at/wp-content/uploads/2011/05Vergleichende-Studie-zum-natuerlichen-Luftwechsel.pdf>.

Kosack, Dr.-Ing. Peter (2009) Beispielhafte Vergleichsmessung zwischen Infrarotstrahlungsheizung und Gasheizung im Altbaubereich. Link Internet: <http://www-user.rhrk.uni-kl.de/~kosack/forschung/?infrarot-strahlungsheizung>.

Ott, G., Reidenbach, H.D., Siekmann, H., Steinmetz, M., Völker, Th. (2006) Leitfaden „Nicht ionisierende Strahlung – Sonnenstrahlung“. Fachverband für Strahlenschutz e.V., FS-06-130/2-AKNIR

Ulmer, G. A. Heizen, wie die Sonne, Günter Albert Ulmer Verlag – Tuningen

Mück-Weymann, Michael: Alles über Herzratenvariabilität ([www.hrv24.de](http://www.hrv24.de))

Dapra, David 2003: Die Variabilität der Herzfrequenz. Eine Two-Case Studie über die Reproduzierbarkeit von Ergebnissen